উচ্চ মাধ্যমিক

সরল রসায়ন

(প্রশ্নোত্তরে উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন)

ডক্টর রাধারমণ বসাক

মৌলিক লাইব্রেরী
কলিকাতা

উচ্চ মাধ্যমিক সরল রসায়ন

[প্রশ্নোত্তরে উচ্চ মাধ্যমিক রসায়নের সম্পূর্ণ পাঠ্যক্রমের পূর্ণাঙ্গ আলোচনা]

(একাদশ ও দ্বাদশ শ্রেণীর জন্য)

ডঃ রাধারমণ বসাক, এম. এস-সি., ডি-ফিল্
প্রধান অধ্যাপক (রসায়ন), ইটাচুনা বিজয়নারায়ণ মহাবিদ্যালয়, হুগলী ;
প্রাক্তন অধ্যাপক, মেদিনীপুর কলেজ ও আসানসোল গার্লস্ কলেজ
এবং
উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন ও উচ্চ মাধ্যমিক ব্যবহারিক রসায়ন
(একাদশ ও দ্বাদশ শ্রেণী) গ্রন্থ প্রণেতা।

মৌলিক লাইব্রেরী
১৮-বি, শ্যামাচরণ দে ষ্ট্রীট
কলিকাতা—৭০০০৭৩

প্রকাশক :
শ্রীদীপ্তেন্দ্রনাথ মৌলিক
মৌলিক লাইব্রেরী
১৮-বি, শ্যামাচরণ দে স্ট্রীট
কলিকাতা-৭০০০৭৩

দাম : আঠারো টাকা মাত্র

মুদ্রক :
শ্রীসুকুমার চৌধুরী
ঝর্ণা প্রিন্টিং ওয়ার্কস
৬৩-এ তারক প্রামাণিক রোড
কলিকাতা-৬

ভূমিকা

মাধ্যমিক স্তরে কারিগরী শিক্ষাক্রমে প্রত্যেক ছাত্র-ছাত্রীকে অন্যান্য বিষয়ের সঙ্গে বিজ্ঞানের বিভিন্ন বিষয়গুলিও সাধারণভাবে অবগতির জন্য আবশ্যিক পাঠ্য হিসাবে পড়িতে হয়। উক্ত পাঠ সমাপনান্তে উচ্চ মাধ্যমিক স্তরে একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণীতে ছাত্র-ছাত্রীরা নিজেদের পছন্দমত বিজ্ঞান, কলা, বাণিজ্য প্রভৃতি যে কোন একটি শাখায় উচ্চতর শিক্ষালাভ করিতে পারে। পাঠ্যপুস্তক পড়িয়া প্রকৃত জ্ঞানলাভ হয়, এ বিষয়ে কোন সন্দেহ নাই। কিন্তু বিজ্ঞান শাখায় এগারো-বারো শ্রেণীর রসায়ন বিজ্ঞানের পাঠ্যক্রম বিস্তৃত ও বহুমুখী হওয়ায় স্বল্পকালীন শিক্ষা সময়ে ক্লাশে শিক্ষক-শিক্ষিকাগণের পক্ষে সম্পূর্ণ পাঠ্যক্রম যথাযথভাবে শেষ করা খুবই কষ্টসাধ্য কাজ। ফলে অনেক ক্ষেত্রেই পাঠ্যক্রম অসম্পূর্ণ থাকা বিচিত্র নয়। তদুপরি শুধুমাত্র রসায়ন বিজ্ঞানের পাঠ্য-পুস্তক পড়িয়া পরীক্ষায় দেয় প্রশ্নাবলী সুষ্ঠুভাবে উত্তর দেওয়া অধিকাংশ ক্ষেত্রেই সাধারণ ছাত্র-ছাত্রীদের পক্ষে কঠিন ও দুঃসাধ্য হইয়া পড়ে। অধিকন্তু সীমিত সময়ের পরীক্ষার সাহায্যে ছাত্র-ছাত্রীদের দুই বৎসরের পঠন-পাঠনের প্রকৃত জ্ঞানলাভ যাচাই হয়। ছাত্র-ছাত্রীরা যাহাতে পরীক্ষা-হলে রসায়নের প্রশ্নসমূহের উত্তর সুষ্ঠুভাবে লিখিয়া অধিক নম্বর পাইতে পারে সেজন্য 'উচ্চ মাধ্যমিক সরল রসায়ন' বইখানি প্রশ্ন ও উহার উত্তর সমেত লিখিত হইল।

এই বইখানির বৈশিষ্ট্য এই যে ইহাতে প্রত্যেকটি অধ্যায় আলাদাভাবে আলোচনা করিয়া উহাতে যে সকল প্রশ্ন হইতে পারে সেগুলির যথোচিত উত্তর সন্নিবিষ্ট করা হইয়াছে। ইহা ছাড়া সম্ভাব্য ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় চিত্র, উদাহরণ ও ব্যাখ্যা সহযোগে প্রশ্নসমূহের উত্তর সহজ ও সুন্দরভাবে বিবৃত হইয়াছে। অধিকন্তু এই পুস্তকে নানা ধরণের অধিক সংখ্যক গণনার সমাধানও দেওয়া হইয়াছে। আশা করি প্রত্যেক ছাত্র-ছাত্রীরা পরীক্ষার সময় প্রশ্নপত্রের উত্তর দানে প্রকৃত উপকৃত হইবে। মেধাবী ছাত্র-ছাত্রীরা রসায়ন বিজ্ঞানের পাঠ্যপুস্তকের সহিত এই বইখানির সাহায্য লইলে পরীক্ষায় অধিক নম্বর লাভ করিবে সে বিষয়ে কোন সন্দেহ নাই। আমার দৃঢ় বিশ্বাস, এই বইখানি হইতে মাননীয় শিক্ষকমণ্ডলী ক্ষেত্র বিশেষে সাহায্য পাইবেন।

আশা রাখি প্রশ্নোত্তরে রসায়ন বিজ্ঞানের এই পুস্তকখানি ছাত্র ও শিক্ষক সমাজে সাদরে গৃহীত হইবে। ইতি—

শ্রীপঞ্চমী,
১২ই ফেব্রুয়ারী, ১৯৭৮
কলিকাতা

শ্রীরাধারমণ বসাক

সূচীপত্র

সাধারণ ও ভৌত রসায়ন

অজৈব রসায়ন

জৈব রসায়ন

———

গাণিতিক উদাহরণ

প্রশ্নের উত্তরদান কালে কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়

কোন বিষয়ে ভাল ধারণা থাকিলেই যে উহাতে পরীক্ষায় অধিক নম্বর পাওয়া যায় তাহা ঠিক নয়। সাধারণতঃ প্রত্যেক প্রশ্নকে বিভিন্ন অংশে ভাগ করিয়া তদনুযায়ী উত্তর-পত্রে নম্বর দেওয়া হয়। ফলে নির্দিষ্ট প্রশ্নের সঠিক উত্তর তথা উত্তরদানের প্রকৃতির উপর বেশী নম্বর পাওয়া নির্ভর করে। সেই কারণে পরীক্ষায় বেশী নম্বর পাইতে হইলে রসায়ন বিজ্ঞানের কি ধরণের প্রশ্নের উত্তর কিভাবে দেওয়া প্রয়োজন সে সম্বন্ধে ছাত্র-ছাত্রীদের প্রকৃত ধারণা থাকা উচিত। রসায়ন বিজ্ঞান-বিষয়ক বিভিন্ন ধরণের প্রশ্নের উত্তর কিভাবে লিখিতে হয় তাহা ছাত্র-ছাত্রীদের সুবিধার্থে নিম্নে অবহিত করা হইল।

(১) রসায়ন বিজ্ঞানের প্রশ্নের উত্তর দান-কালে সম্ভাব্য প্রতিটি ক্ষেত্রে রাসায়নিক সমীকরণ দেওয়া বাঞ্ছনীয়।

(২) প্রশ্নের উত্তর সংক্ষিপ্ত হইবে এবং উহা পূর্ণাঙ্গ হওয়া উচিত।

(৩) **কোন পদার্থের প্রস্তুতি বর্ণনা**—(i) সমীকরণসহ প্রস্তুতির নীতি, (ii) যন্ত্রপাতির চিত্র ও বর্ণনা, (iii) বিক্রিয়াকালে প্রয়োজনীয় শর্ত যথা উষ্ণতা, অনুঘটক, চাপ প্রভৃতি, (iv) উৎপন্ন পদার্থের বিশুদ্ধিকরণ ও সংগ্রহ উল্লেখ করিবে।

(৪) **পদার্থের ধর্ম ও ব্যবহার**—ভৌত ও রাসায়নিক উভয় ধর্মই উল্লেখ করিবে; কিন্তু রাসায়নিক ধর্ম অপেক্ষাকৃত গুরুত্বপূর্ণ। একই প্রকৃতির একাধিক ধর্ম না লিখিয়া বিভিন্ন প্রকৃতির ধর্ম লিখিবে। অজৈব পদার্থের ক্ষেত্রে বিযোজন, জারণ, বিজারণ, বিরঞ্জন, প্রতিস্থাপন প্রভৃতি রাসায়নিক ধর্ম এবং জৈব পদার্থের ক্ষেত্রে যুত, প্রতিস্থাপন, কনডেন্‌সেশন, পরিমালিজেশন প্রভৃতি রাসায়নিক ধর্ম উল্লেখ করিবে। প্রত্যেক ক্ষেত্রে কোন পদার্থের বিভিন্ন ধরণের এবং নির্দিষ্ট কয়েকটি ব্যবহার লিখিবে।

'পদার্থের ধর্ম বর্ণনা কর' এবং 'পদার্থের ধর্ম নির্দেশ করিতে উপযুক্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর'—এই দুই ধরণের প্রশ্নগত পার্থক্য লক্ষ্য করিবে। প্রথম ক্ষেত্রে যথারীতি ধর্ম বর্ণনা করিবে; কিন্তু দ্বিতীয় ক্ষেত্রে এক একটি পরীক্ষা বর্ণনা করিয়া উহার পর্যবেক্ষণ ও সিদ্ধান্ত হইতে ধর্ম উল্লেখ করিবে।

(৫) **সংজ্ঞা**—বিষয়বস্তুর সংজ্ঞা লিখিয়া উহার একটি বা দুইটি উদাহরণ (প্রশ্নপত্রে উল্লেখ না থাকিলেও) দিবে। **সংক্ষিপ্ত টীকা** লিখিবার সময় বিষয়বস্তু সম্পর্কে যাহা জানা আছে তাহা সংক্ষেপে লিখিয়া উপযুক্ত উদাহরণ দিবে।

(৬) **পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণয় বা প্রমাণ**—দ্রাব্যতা, তুল্যাঙ্কভার, সংযুতি প্রভৃতি নির্ণয়ে অথবা সূত্র প্রমাণ করিতে পরীক্ষার নীতি, বর্ণনা, ফল ও গণনা ক্রম অনুযায়ী লিখিবে এবং ক্ষেত্র বিশেষে যন্ত্রপাতির চিত্র দিবে।

(৭) **রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পর্কিত প্রশ্ন**—(i) বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থের নাম (কথায়), (ii) বিক্রিয়া-জনিত কোন পরিবর্তন যথা বর্ণ, অধঃক্ষেপণ, অতিরিক্ত বিকারকে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হওয়া, গ্যাস (বর্ণ ও গন্ধের ইঙ্গিতসহ) নির্গমন

প্রভৃতি, (iii) বিক্রিয়ার প্রকৃতি যথা বিযোজন, জারণ, বিজারণ, প্রতিস্থাপন প্রভৃতি (জৈব যৌগের ক্ষেত্রে যুত, প্রতিস্থাপন, কনডেনসেশন, পলিমারিজেশন প্রভৃতি), (iv) বিক্রিয়ার শর্ত (উল্লেখ না থাকিলেও) যথা উষ্ণতা, চাপ, অনুঘটক প্রভৃতি এবং (v) সমতুল সমীকরণ দিবে।

(৮) **ধাতু -বিষয়ক প্রশ্ন**—(i) আকরিকের নাম সংকেতসহ দিবে ; প্রধান আকরিক এবং যে আকরিক হইতে ধাতুটি নিষ্কাশিত হইবে তাহা অবশ্যই উল্লেখ করিবে। (ii) ধাতু নিষ্কাশন লিখিতে প্রতিটি ধাপ পর পর বর্ণনা করিয়া প্রয়োজনীয় সমীকরণ দিবে এবং সম্ভাব্য ক্ষেত্রে নিষ্কাশনে ব্যবহৃত চিত্র দিবে।

'ধাতু নিষ্কাশন' এবং 'ধাতু নিষ্কাশনে অন্তর্ভুক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ'—এই দুই ধরণের প্রশ্নের পার্থক্য লক্ষ্য করিবে। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে নিষ্কাশনের নীতি বিস্তারিতভাবে লিখিয়া বিভিন্ন ধাপের বিক্রিয়াসমূহের প্রত্যেকটি সমীকরণ দিবে। (iii) ধাতু-সংকরের নাম উপাদান ধাতুর নাম (সম্ভব হইলে শতকরা সংযুতি) সহ দিবে।

(৯) **পদার্থের পণ্য উৎপাদন**—উৎপাদনের নীতি (সমীকরণসহ), শর্ত, প্রক্রিয়ার বিবরণ (সম্ভাব্য ক্ষেত্রে চিত্রসহ) দিবে।

(১০) **গাণিতিক উদাহরণ**—যে-কোন অঙ্ক সমাধানকালে খসড়া কাজ অবশ্যই দেখাইবে। কোন সংকেতের সাহায্যে অঙ্ক সমাধান করিলে সংকেতে ব্যবহৃত অক্ষরগুলির ব্যাখ্যা দিবে।

উচ্চ মাধ্যমিক সরল রসায়ন

প্রথম অধ্যায় | পদার্থ : উহার ধর্ম, পরিবর্তন ও শ্রেণীবিভাগ

প্রশ্ন : ১। (ক) পদার্থ কাহাকে বলে? উহার বিভিন্ন অবস্থা কি কি? (খ) পদার্থের ভৌত বা অবস্থাগত এবং রাসায়নিক ধর্ম বলিতে কি বুঝায়? উদাহরণ দাও।

উত্তর : (ক) পদার্থ—পদার্থ মাত্রেরই ওজন আছে, ইহা কিছু জায়গা দখল করে ও চাপ বা বল প্রয়োগে গতিশীল হয়; ইহার অস্তিত্ব আমরা বিভিন্ন ইন্দ্রিয়ের সাহায্যে বুঝিতে পারি। অর্থাৎ ইন্দ্রিয়-গ্রাহ্য, স্থানব্যাপী, ওজনবিশিষ্ট ও চাপশক্তির প্রভাবে গতিশীল বস্তুকেই **পদার্থ** বলে।

পদার্থের অবস্থা—যাবতীয় পদার্থসমূহ তিনটি বিভিন্ন অবস্থায় আছে; যথা—কঠিন (solid), তরল (liquid) ও গ্যাসীয় (gaseous)। কঠিন পদার্থের একটি নির্দিষ্ট আকার, আয়তন ও ওজন আছে; তদুপরি উহাদের দৃঢ়তা আছে। তরল পদার্থের একটি নির্দিষ্ট আয়তন ও ওজন আছে, কিন্তু কোন নির্দিষ্ট আকার নাই। ইহা যে পাত্রে থাকে সেই পাত্রেরই আকার ধারণ করে। তরল পদার্থ সর্বদাই নীচের দিকে প্রবাহিত হয় এবং উহার উপরিভাগ সর্বদাই সমতল থাকে। গ্যাসীয় পদার্থের নির্দিষ্ট কোন আকার বা আয়তন নাই, কেবল নির্দিষ্ট ওজন আছে। উহা সর্বত্র ছড়াইয়া পড়িতে চায়, ফলে আবদ্ধ পাত্রে রাখিলে উহা সেই পাত্রের আকার ও আয়তন উভয়ই গ্রহণ করে।

পদার্থের এই তিন অবস্থা উষ্ণতা ও চাপের তারতম্যের উপর নির্ভর করে। সাধারণভাবে উত্তাপ প্রয়োগে ক্রমশঃ উষ্ণতা বাড়াইলে পদার্থ কঠিন হইতে প্রথমে তরল এবং পরে গ্যাসীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়, কিন্তু শীতল করিলে বিপরীত অবস্থান্তর ঘটে।

$$\textbf{কঠিন} \underset{\text{উষ্ণতা হ্রাস}}{\overset{\text{উষ্ণতা বৃদ্ধি}}{\rightleftharpoons}} \textbf{তরল} \underset{\text{উষ্ণতা হ্রাস}}{\overset{\text{উষ্ণতা বৃদ্ধি}}{\rightleftharpoons}} \textbf{গ্যাস}$$

(খ) **পদার্থের ধর্ম**—প্রত্যেক পদার্থের নিজস্ব কতকগুলি ধর্ম বা গুণ আছে। সেই সকল ধর্মের সাহায্যেই পদার্থগুলি সনাক্ত করা যায়। পদার্থের ধর্ম দুই প্রকার—(i) ভৌত ধর্ম ও (ii) রাসায়নিক ধর্ম।

যে সমস্ত ধর্ম হইতে কেবল পদার্থের বাহ্যিক অবস্থা ও ব্যবহার প্রকাশ পায়, তাহাদিগকে **ভৌত বা অবস্থাগত ধর্ম** বলে। ভৌত অবস্থা, বর্ণ, গন্ধ, স্পর্শ, স্বাদ, দ্রাব্যতা, ঘনত্ব, গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক, চৌম্বক গুণ, তাপ ও তড়িৎ পরিবহণ ক্ষমতা

প্রভৃতি পদার্থের ভৌত ধর্ম। জল বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন স্বচ্ছ তরল। সাধারণ বায়ু চাপে ইহার স্ফুটনাঙ্ক 100°C ও হিমাঙ্ক 0°C. ইহার ঘনত্ব 1 এবং তাপ ও তড়িৎ পরিবাহীতা কম। এইগুলি জলের ভৌত ধর্ম।

যে সমস্ত ধর্ম প্রকাশ করিতে পদার্থটি নিজেই সম্পূর্ণভাবে পরিবর্তিত হইয়া নূতন পদার্থে পরিণত হয়, তাহাদিগকে **রাসায়নিক ধর্ম** বলে। সাধারণতঃ উত্তাপ, জল, বায়ু, অ্যাসিড, ক্ষার প্রভৃতির সহিত ক্রিয়াকলাপের দ্বারা পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম প্রকাশ পায়। একখণ্ড কালো কঠিন কার্বন বায়ুতে পোড়াইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নামক বর্ণহীন, গন্ধহীন অম্লস্বাদযুক্ত একটি গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহা কার্বনের রাসায়নিক ধর্ম।

প্রশ্ন ঃ ২। ভৌত পরিবর্তন ও রাসায়নিক পরিবর্তন কাহাকে বলে? উহাদের পার্থক্যগুলি উপযুক্ত উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও।

উত্তর ঃ ভৌত পরিবর্তন—যে পরিবর্তনে পদার্থের শুধু বাহিক রূপান্তর ঘটে তাহাকে **ভৌত পরিবর্তন** বলে। এই পরিবর্তনে পদার্থের অণুর গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না ; ফলে এইরূপ পরিবর্তনের কারণগুলি অপসারিত করিলেই পদার্থ আবার পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া যায়। সেইজন্য ভৌত পরিবর্তন অস্থায়ী। ইহাতে কিছু ভৌত ধর্মের পরিবর্তন ঘটে মাত্র, কোন রাসায়নিক ধর্মের পরিবর্তন হয় না ; ফলে কোন নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় না। তদুপরি ইহাতে তাপের উদ্ভব বা শোষণ হইতে পারে বা নাও হইতে পারে এবং পদার্থের ওজন অপরিবর্তিত থাকে।

উদাহরণ—(১) জল উত্তপ্ত করিলে বাষ্প হয়। এই বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিলে পুনরায় জল পাওয়া যায়। জল ঠাণ্ডা করিলে ইহা জমিয়া বরফ হয় ; তাপ দিলে বরফ গলিয়া পুনরায় জলে পরিণত হয়। এই সকল পরিবর্তনে জলের আয়তন, ঘনত্ব প্রভৃতি ভৌত ধর্মের পরিবর্তন ঘটে কিন্তু বরফ, জল ও বাষ্পের ওজন এবং অণুর গঠন একই থাকে ; শুধু জলের অবস্থার প্রকারভেদ ঘটে। সুতরাং, ইহারা ভৌত পরিবর্তন।

(২) বৈদ্যুতিক বাল্বের সরু তার তড়িৎ প্রবাহের সময়ই ভাস্বর হইয়া আলো দেয় ; অন্য সময় তারের আলো দিবার গুণ থাকে না। তপ্ত ও শীতল হইবার ফলেই তারের এই বাহিক অবস্থাগত ধর্মের পরিবর্তন ঘটে ; তারের অণুর গঠন অপরিবর্তিত থাকিয়া যায়। ইহাতে তারের ওজনের কোন পরিবর্তন হয় না। অতএব ইহা ভৌত পরিবর্তন।

(৩) একটি নরম লৌহদণ্ডের চতুর্দিকে অন্তরিত তামার তার জড়াইয়া উহার ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে লৌহদণ্ড চুম্বকে পরিণত হয় এবং এই অবস্থায় ইহা লোহার পেরেক বা টুক্‌রা আকর্ষণ করে। তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিলে লৌহদণ্ডের চুম্বকত্ব লোপ পায়। এই অস্থায়ী পরিবর্তনে লৌহদণ্ডের চৌম্বক ধর্মের পরিবর্তন হয় মাত্র, উহার ওজন এবং অনুর গঠন একই থাকে। সুতরাং ইহাও ভৌত পরিবর্তন।

রাসায়নিক পরিবর্তন—যে পরিবর্তনে পদার্থের অণুর গঠনের পরিবর্তন হইয়া নূতন অণুর সৃষ্টি হয় এবং পদার্থটি এক বা একাধিক নূতন পদার্থ উৎপন্ন করে তাহাকে

রাসায়নিক পরিবর্তন বলে। এই পরিবর্তন স্থায়ী। ইহাতে পদার্থের ভৌত ও রাসায়নিক উভয় ধর্মেরই আমূল পরিবর্তন ঘটে; ফলে নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয়। তদুপরি ইহাতে তাপের উদ্ভব বা শোষণ হয় এবং অধিকাংশ ক্ষেত্রে মূল পদার্থ ও উৎপন্ন পদার্থের ওজনের পার্থক্য ঘটে।

উদাহরণ—(১) জলের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে জল বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন নামক দুইটি গ্যাস উৎপন্ন করে। ইহারা মৌলিক পদার্থ; ইহাদের অণুর গঠন যৌগিক পদার্থ জলের অণু হইতে সম্পূর্ণ আলাদা, ফলে ইহাদের ধর্মও জলের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক হয়। সুতরাং জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

(২) একখণ্ড লোহা আর্দ্র বায়ুতে কিছুদিন রাখিলে মরিচা ধরে। লোহার সহিত জল ও অক্সিজেনের ক্রিয়ায় মরিচার সৃষ্টি হয়। লোহা ও মরিচার ধর্ম সম্পূর্ণ ভিন্ন; লোহা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়, মরিচা আকৃষ্ট হয় না। মরিচাকে সহজ উপায়ে লোহায় পরিণত করা যায় না। ইহাতে ওজনের তারতম্য ঘটে। অতএব মরিচা ধরা একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

(৩) কার্বন বায়ুতে পোড়াইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহা কার্বন হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন পদার্থ এবং ইহার ধর্মও কার্বনের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ আলাদা। এই পরিবর্তন স্থায়ী এবং ইহাতে প্রচুর তাপের উদ্ভব হয়। আবার কার্বন ও উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজনের মধ্যেও পার্থক্য ঘটে। সুতরাং ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

প্রশ্ন : ৩। নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলি ভৌত না রাসায়নিক, ব্যাখ্যাসহ লিখ :—(i) লোহায় মরিচা পড়া; (ii) কয়লা পোড়ান; (iii) বুনসেন শিখায় কপার ও প্লাটিনাম তার উত্তপ্তকরণ; (iv) জল ফোটান; (v) লোহাকে চুম্বকে পরিণত করণ; (vi) চিনি ও পোড়াচুন পৃথকভাবে জলে নিক্ষেপকরণ; (vii) মোমবাতির শিখাসহ জ্বলন এবং (viii) গলিত খাদ্যলবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহণ।

উত্তর : (i) ২ নং প্রশ্নোত্তরের (খ) অংশের উদাহরণ দেখ।

(ii) ২নং প্রশ্নোত্তরের (খ) অংশের উদাহরণ দেখ। [এক্ষেত্রে কার্বন ও কয়লা অভিন্ন; সেইজন্য কার্বনের জায়গায় কয়লা উল্লেখ করিবে।]

(iii) বুনসেন শিখায় একটি কপার তার উত্তপ্ত করিলে প্রথমে শিখার বর্ণ নীল হয়; কিন্তু কিছুক্ষণ পর অধিক উষ্ণতায় কপার বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কপার অক্সাইড নামক একটি কালো পদার্থ উৎপন্ন করে। কপার অক্সাইড সম্পূর্ণ নূতন ধর্মবিশিষ্ট একটি পদার্থ এবং ইহার ওজন মূল কপারের ওজন হইতে বেশী। এই পরিবর্তন স্থায়ী; সুতরাং ইহা একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

অপরদিকে, একটি প্লাটিনাম তার বুনসেন শিখায় উত্তপ্ত করিলে ভাস্বর দেখায়; কিন্তু শিখা হইতে সরাইবামাত্র উহা শীতল হইয়া পূর্বাবস্থায় প্রাপ্ত হয়। উত্তপ্ত ও শীতল

অবস্থায় প্লাটিনাম তারের এই বাহ্যিক অস্থায়ী অবস্থাগত ধর্মের পরিবর্তন ঘটে ; তারের ওজন এবং অণুর গঠন একই থাকিয়া যায়। সুতরাং ইহা একটি ভৌত পরিবর্তন।

(iv) জল ফুটাইলে উহা বাষ্পে পরিণত হয়। এই বাষ্পকে শীতল করিলে পুনরায় জল পাওয়া যায়। এইরূপ পরিবর্তনে জল ও বাষ্পের ওজন এবং উহাদের অণুর গঠন একই থাকে ; শুধুমাত্র উহাদের আয়তন, ঘনত্ব প্রভৃতি ভৌত ধর্মের পরিবর্তন ঘটে। ইহাতে জলের অবস্থার প্রকারভেদ ঘটে মাত্র। অতএব ইহা ভৌত পরিবর্তন।

(v) ২নং প্রশ্নোত্তরের (খ) অংশের উদাহরণ দেখ।

(vi) চিনি জলে ফেলিলে উহা দ্রবীভূত হইয়া চিনির দ্রবণ উৎপন্ন করে। ইহার স্বাদ মিষ্ট। দ্রবীভূত থাকা অবস্থায় চিনির গঠনের বা মূল ধর্মের কোন পরিবর্তন হয় না। এই দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে জল বাষ্পীভূত হয় এবং চিনি ওজনে ও গঠনে অপরিবর্তিত অবস্থায় পাওয়া যায়। এই অস্থায়ী পরিবর্তনে কোন নূতন পদার্থ সৃষ্টি হয় না ; সুতরাং ইহা ভৌত পরিবর্তন।

পক্ষান্তরে, পোড়াচুন জলে ফেলিলে জল উত্তপ্ত হইয়া ফুটিতে আরম্ভ করে এবং চুন নরম কাদার মত সাদা কলিচুনে পরিণত হয়। চুন ও কলিচুন সম্পূর্ণ ভিন্ন পদার্থ এবং উহাদের অণুর গঠনও বিভিন্ন। ইহা ছাড়া উহাদের ওজনের তারতম্য ঘটে এবং এই পরিবর্তনে প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয়। অতএব ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(vii) মোমবাতি শিখাসহ জ্বলিতে থাকিলে উহাতে ভৌত ও রাসায়নিক উভয় পরিবর্তনই ঘটে। প্রথমে কঠিন মোম গলিয়া তরলে পরিণত হয় ; ইহা ভৌত পরিবর্তন। কারণ ইহাতে মোমের ধর্ম ও গঠনে কোন পরিবর্তন হয় না, শুধুমাত্র অবস্থার পরিবর্তন হয়। গলিত মোম শীতল করিলে পুনরায় কঠিন মোম পাওয়া যায়। অতঃপর গলিত মোম বায়ুস্থিত অক্সিজেনে জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। এই উৎপন্ন পদার্থ দুইটির ধর্ম ও গঠন মোমের ধর্ম ও গঠন হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন এবং উহাদের মোট ওজন মোমের ওজনের চেয়ে বেশী। কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পকে পুনরায় মোমে পরিণত করা যায় না। ইহাতে তাপের উদ্ভব ঘটে। সুতরাং ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(viii) গলিত খাদ্যলবণ (সোডিয়াম ক্লোরাইড)-এর ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহ চালাইলে উহা বিশ্লিষ্ট হইয়া সোডিয়াম ধাতু ও সবুজাভ-পীত বর্ণের ক্লোরিন গ্যাসে পরিণত হয়। মৌলিক পদার্থ সোডিয়াম ও ক্লোরিনের ধর্ম ও গঠন খাদ্যলবণের ধর্ম ও গঠন হইতে সম্পূর্ণ পৃথক। অতএব ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

প্রশ্ন : ৪। সংজ্ঞা লিখ :—(i) **সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব পদার্থ,** (ii) **মৌলিক পদার্থ বা মৌল,** (iii) **যৌগিক পদার্থ বা যৌগ,** (iv) **মিশ্র পদার্থ বা মিশ্রণ,** (v) **তাপ-উৎপাদক ও তাপ-শোষক যৌগ।**

উত্তর : (i) **সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব পদার্থ**—যে সকল পদার্থে উপাদানগুলির অনুপাত সকল অংশেই সমান, ফলে বিভিন্ন অংশের গঠন ও ধর্ম এক থাকে তাহাদিগকে **সমসত্ত্ব পদার্থ** বলে। যে সকল পদার্থে বিভিন্ন উপাদনের অনুপাত বিভিন্ন অংশে

অ-সমান, ফলে বিভিন্ন অংশের গঠন ও ধর্ম বিভিন্ন থাকে তাহাদিগকে **অসমসত্ব পদার্থ** বলে। চিনি, জল, দুধ প্রভৃতি সমসত্ব পদার্থ, কিন্তু বারুদ বা চিনি ও বালির মিশ্রণ অসমসত্ব। বিশুদ্ধ পদার্থ মাত্রই সমসত্ব, কারণ উহা একটিমাত্র উপাদানে গঠিত।

(ii) **মৌলিক পদার্থ**—যে পদার্থ হইতে রাসায়নিক বিশ্লেষণের ফলে ঐ পদার্থ ছাড়া নূতন ধর্মবিশিষ্ট অন্য কোন সরলতর পদার্থ পাওয়া যায় না, তাহাকে **মৌলিক পদার্থ** বা **মৌল** বলে। হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, কার্বন, ম্যাগনেসিয়াম, লোহা, তামা, সালফার প্রভৃতি মৌলিক পদার্থ। সর্বমোট 103টি মৌল আবিষ্কৃত হইয়াছে।

(iii) **যৌগিক পদার্থ**—যে পদার্থ হইতে রাসায়নিক বিশ্লেষণের ফলে দুই বা ততোধিক সরলতর ও পৃথক ধর্মবিশিষ্ট মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায়, তাহাকে **যৌগিক পদার্থ** বা **যৌগ** বলে। অন্যভাবে, নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে দুই বা ততোধিক মৌলের রাসায়নিক সংযোগে যে পদার্থ গঠিত হয় তাহাই যৌগিক পদার্থ। জল, চিনি, কার্বন ডাই-অক্সাইড, সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি যৌগিক পদার্থ। যৌগিক পদার্থ অসংখ্য ; ইহারা 92-টি মৌলের সমন্বয়ে গঠিত।

(iv) **মিশ্র পদার্থ** বা **মিশ্রণ**—দুই বা ততোধিক মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ যে কোন ওজনের অনুপাতে মিশাইলে উহারা পাশাপাশি থাকিয়া নিজেদের গুণ ও প্রকৃতি বজায় রাখিয়া যে পদার্থ উৎপন্ন করে তাহাকে **মিশ্র পদার্থ** বা **মিশ্রণ** বলে। মিশ্র পদার্থের ধর্ম উপাদানগুলির ধর্মের সমষ্টিমাত্র। এই উপাদানগুলিকে সহজ ভৌত উপায়ে পৃথক করা যায়। সাধারণতঃ মিশ্র পদার্থ অসমসত্ব, তবে কোন কোন ক্ষেত্রে ইহা সমসত্বও হয়।

বায়ু প্রধানতঃ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন নামক দুইটি গ্যাসীয় মৌলের মিশ্রণ। নাইটার, সালফার ও অঙ্গার-চূর্ণের অসমসত্ব মিশ্রণ বারুদ ; কিন্তু চিনি ও জলের সমসত্ব মিশ্রণ চিনির জল।

(v) **তাপ-উৎপাদক ও তাপ-শোষক যৌগ**—একাধিক মৌলের রাসায়নিক সংযোগে যৌগ উৎপন্ন হইবার সময় সর্বদাই তাপের উদ্ভব বা শোষণ হয়। যে যৌগিক পদার্থ তাহার মৌলিক উপাদানগুলি হইতে উৎপন্ন হইবার সময় তাপ সৃষ্টি করে তাহাকে **তাপ-উৎপাদক যৌগ** বলে। কার্বন-ডাই-অক্সাইড, জল, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রভৃতি তাপ-উৎপাদক যৌগ, কারণ উহাদের উৎপাদনের সময় তাপের উদ্ভব ঘটে।

যে যৌগিক পদার্থ তাহার মৌলিক উপাদানগুলি হইতে উৎপন্ন হইবার সময় তাপ শোষণ করে তাহাকে **তাপ-শোষক যৌগ** বলে। কার্বন ডাই-সালফাইড, নাইট্রিক অক্সাইড, হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড প্রভৃতি তাপ-শোষক যৌগ, কারণ উহাদের উৎপাদনের সময় তাপের শোষণ হয় বলিয়া বাহির হইতে তাপ প্রয়োগ করিতে হয়।

প্রশ্ন : ৫। যৌগিক পদার্থ ও সাধারণ মিশ্রণের মধ্যে প্রভেদ কি? উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও। অথবা, প্রমাণ কর যে ফেরাস সালফাইড একটি যৌগ, ইহা আয়রণ ও সালফারের মিশ্রণ নয়।

উত্তর : (১) মিশ্রণে উপাদানগুলির নিজ নিজ ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে ; মিশ্রণের ধর্ম উপাদানগুলির ধর্মের সমষ্টিমাত্র। কিন্তু যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলির নিজ নিজ ধর্ম লোপ পায় এবং যৌগটির নিজস্ব নূতন ধর্মের আবির্ভাব ঘটে।

একটি খলে সালফার ও লোহার গুঁড়া ভালভাবে মিশাইলে সাধারণ মিশ্রণ প্রস্তুত হয়। ইহাকে কাগজের উপর ছড়াইয়া লেন্সের সাহায্যে পরীক্ষা করিলে দেখা যায়, কালো লৌহকণা ও হলুদ সালফারের কণা বিচ্ছিন্নভাবে পাশাপাশি পড়িয়া আছে। মিশ্রণটি চুম্বকদণ্ড দ্বারা নাড়িলে ইহাতে লৌহকণা আকৃষ্ট হয় কিন্তু সালফার কণা পড়িয়া থাকে। মিশ্রণের একাংশ কার্বন ডাই-সালফাইড তরল সহযোগে নাড়িলে সালফার দ্রবীভূত হয় কিন্তু লৌহকণা অপরিবর্তিত থাকে। মিশ্রণের অপর অংশে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে লৌহ-চূর্ণ দ্রবীভূত হইয়া গন্ধহীন হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে কিন্তু সালফার-চূর্ণ পড়িয়া থাকে। সুতরাং এই মিশ্রণে আয়রণ ও সালফারের নিজ নিজ ধর্ম অক্ষুণ্ণ থাকে।

7 ভাগ ওজনের লৌহ-চূর্ণ ও 4 ভাগ ওজনের সালফার-চূর্ণ একটি শক্ত পরীক্ষানলে লইয়া মিশ্রণটি বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করিলে উহা ক্রমশঃ লাল হইয়া জ্বলিতে থাকে এবং পরে গলিয়া যায়। ঠাণ্ডা করিলে উহা কঠিন কালো ফেরাস সালফাইড যৌগে পরিণত হয়। বিচূর্ণ অবস্থায় ইহাকে লেন্স দিয়া দেখিলে লৌহকণা ও হলুদ সালফার-কণা আর দেখা যায় না, চুম্বকদণ্ড দ্বারা নাড়িলে লৌহকণা আকৃষ্ট হয় না এবং কার্বন ডাই-সালফাইড তরলে ইহার কিছুই দ্রবীভূত হয় না। কিন্তু ইহাতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে পচা ডিমের গন্ধযুক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস নির্গত হয়, কিছুই পড়িয়া থাকে না। অতএব ফেরাস সালফাইড যৌগে আয়রণ কিংবা সালফারের নিজ নিজ ধর্ম লোপ পাইয়া নিজস্ব নূতন ধর্মের আবির্ভাব ঘটিয়াছে।

(২) সাধারণ মিশ্রণের উপাদানগুলি ওজনের যে-কোন অনুপাতে থাকিতে পারে কিন্তু যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলি সর্বদা ওজনের নির্দিষ্ট অনুপাতে থাকে।

যে-কোন পরিমাণ লৌহ-চূর্ণের সহিত যে-কোন পরিমাণ সালফার-চূর্ণ মিশাইলেই সাধারণ মিশ্রণ পাওয়া যায়। কিন্তু ফেরাস সালফাইড যৌগে লোহা ও সালফারের ওজনের অনুপাত সর্বদাই 7 : 4 নির্দিষ্ট থাকে।

(৩) মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি সহজ ভৌত পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় ; কিন্তু যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলি ভৌত পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় না।

লৌহ ও সালফার-চূর্ণের মিশ্রণ হইতে সহজেই চুম্বকের সাহায্যে লৌহকণা এবং কার্বন ডাই-সালফাইডের সাহায্যে সালফার পৃথক করা যায়। কিন্তু ফেরাস সালফাইড-স্থিত লৌহ কিংবা সালফার এইরূপ কোন সহজ ভৌত পদ্ধতিতে পৃথক করা সম্ভব হয় না।

(৪) মিশ্র পদার্থের প্রস্তুতিকালে তাপের পরিবর্তন হইতে পারে বা নাও হইতে পারে। যৌগিক পদার্থ প্রস্তুতিকালে তাপ-পরিবর্তন যথা তাপের উদ্ভব বা শোষণ হইবেই।

লৌহ ও সালফার চূর্ণ মিশাইবার সময় কোন তাপের উদ্ভব বা শোষণ হয় না; কিন্তু উহাদের উত্তপ্ত করিয়া ফেরাস সালফাইড প্রস্তুতির সময় তাপের উদ্ভব হয়।

(৫) সাধারণ মিশ্রণ অসমসত্ত্ব এবং কোন কোন ক্ষেত্রে সমসত্ত্ব হয়। কিন্তু যৌগিক পদার্থ সর্বদাই সমসত্ত্ব।

লৌহ ও সালফার-চূর্ণের মিশ্রণের বিভিন্ন অংশে উপাদান দুইটির অনুপাত বিভিন্ন থাকে বলিয়া ইহা অসমসত্ত্ব। (কিন্তু দ্রবণ সাধারণ মিশ্রণ হইলেও সমসত্ত্ব।) ফেরাস সালফাইড যৌগের যে কোন অংশেই উপাদান দুইটির ওজনের অনুপাত নির্দিষ্ট (লৌহ : সালফার = 7 : 4) থাকে বলিয়া ইহা সমসত্ত্ব।

(৬) মিশ্রণের কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক নাই, উহা উপাদানগুলির অনুপাতের উপর নির্ভর করে। কিন্তু যৌগিক পদার্থের নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক থাকে।

লোহা ও সালফারের গলনাঙ্ক যথাক্রমে 1500°C ও 113°C ; কিন্তু উহাদের মিশ্রণের কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক থাকে না। কিন্তু ফেরাস সালফাইড যৌগের নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক আছে।

———

দ্বিতীয় অধ্যায় | রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র ও ডালটনের পরমাণুবাদ

প্রশ্ন : ৬। রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র কাহাকে বলে এবং কি কি ?

উত্তর : বিভিন্ন মৌলের সংযুক্তির ফলে যৌগ গঠনকে রাসায়নিক সংযোগ বলা হয়। রাসায়নিক সংযোগের সময় যৌগগুলি ইচ্ছানুযায়ী যে কোন পরিমাণে পরস্পর মিলিত হইতে পারে না ; উহারা সর্বদাই কতকগুলি নির্দিষ্ট নিয়ম মানিয়া চলে। এই নিয়মগুলিকে **রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র** বলে।

এই সংযোগ-সূত্র সংখ্যায় পাঁচটি। ইহাদের মধ্যে চারিটি ওজন-সম্পর্কিত এবং শেষোক্তটি আয়তন-সম্পর্কিত। ইহারা যথাক্রমে (i) ভরের নিত্যতা সূত্র বা পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র, (ii) স্থিরানুপাত সূত্র, (iii) গুণানুপাত সূত্র ; (iv) মিথোনুপাত সূত্র, এবং (v) গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র।

প্রশ্ন : ৭। (ক) ভরের নিত্যতা সূত্র বা পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। (খ) পরীক্ষার সাহায্যে ভরের নিত্যতা সূত্র প্রমাণ কর। অথবা 'পদার্থ ধ্বংস হয় না'—এই উক্তির সমর্থনে দুইটি পরীক্ষা বর্ণনা কর

উত্তর : (ক) দুই বা ততোধিক পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে ভিন্ন নূতন পদার্থ সৃষ্টি করিলে উৎপন্ন পদার্থগুলির মোট ওজন বা ভর বিক্রিয়াশীল পদার্থগুলির পূর্বেকার ওজন বা ভরের সমান থাকে ; অর্থাৎ পদার্থ সৃষ্টি বা ধ্বংস হয় না, পদার্থ অবিনশ্বর। ইহাই **ভরের নিত্যতা সূত্র** বা **পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র**। যেমন ধাতব ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেনে উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের সাদা গুঁড়া উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে ম্যাগনেসিয়াম ও অক্সিজেনের যুক্ত ওজন বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজনের সমান থাকে। অতএব A ও B দুইটি পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় C ও D দুইটি ভিন্ন নূতন পদার্থ উৎপন্ন হইলে এই সূত্র অনুসারে পাই, (A+B)-এর ভর বা ওজন=(C+D)-এর ভর বা ওজন।

(খ) নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলির সাহায্যে ভরের নিত্যতা সূত্র অর্থাৎ পদার্থের যে বিনাশ নাই তাহা প্রমাণ করা যায় :—

(i) **ল্যানডোল্টের পরীক্ষা**—H-আকারের একটি কাচনলের দুই বাহুর একটিতে ফেরাস সালফেট দ্রবণ ও অপরটিতে সিলভার সালফেট দ্রবণ লইয়া উহাদের উপরের মুখ দুইটি দীপ-শিখায় গলাইয়া বন্ধ করা হয়। পরে H-নলটিকে খাড়াভাবে রাখিয়া একটি সুবেদী তুলাযন্ত্রে উহা ওজন করা হয়। এইবার নলটিকে কয়েকবার এপাশ ওপাশ কাত করিয়া দুই বাহুর দ্রবণ মিশাইয়া দেওয়া হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ফেরাস সালফেট সিলভার সালফেটকে ধাতব সিলভারে বিজারিত করে এবং নিজে ফেরিক সালফেটে জারিত হয় ; ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হইয়া দ্রবণের তলায় জমা হয় :

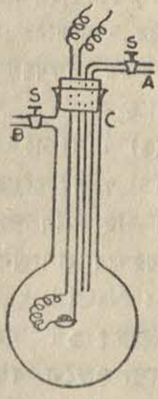


চিত্র ১

$2FeSO_4 + Ag_2SO_4 = 2Ag\downarrow + Fe_2(SO_4)_3$, বিক্রিয়া

শেষে H-নলটি ঠাণ্ডা করিয়া তুলাযন্ত্রে পুনরায় ওজন করিলে দেখা যায় যে, ওজন একই আছে অর্থাৎ ওজনের কোন পরিবর্তন হয় নাই। অতএব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের রূপান্তর ঘটিলেও উহার সৃষ্টি বা বিনাশ হয় নাই।

(ii) **অঙ্গার পরীক্ষা**—একটি শক্ত গোলতল কাচের ফ্লাস্কের মুখে শক্ত রবারের ছিপি আঁটিয়া দিয়া উহার ভিতর দিয়া দুইটি তামার তার ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করান হয়; একটি তারের প্রান্তদেশে একটি ছোট তামার বাটি যুক্ত থাকে। তামার বাটিতে একখণ্ড বিশুদ্ধ অঙ্গার রাখিয়া উহাকে একটি সরু প্লাটিনাম তার জড়াইয়া ইহার এক প্রান্ত অপর তামার তারের সঙ্গে সংযুক্ত করা হয়। স্টপ্‌ককের সাহায্যে বায়ু অপসারিত করিয়া ফ্লাস্কটি বিশুদ্ধ অক্সিজেন দ্বারা ভর্তি করা হয়। পরে ফ্লাস্কটিকে একটি সুবেদী তুলাযন্ত্রে ওজন করা হয়। তামার তারের বাহিরের প্রান্ত দুইটি একটি ব্যাটারীর দুই প্রান্তের সহিত যুক্ত করিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে প্লাটিনাম তার উত্তপ্ত হয় এবং উত্তাপে অঙ্গারখণ্ড অক্সিজেনে সম্পূর্ণরূপে জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়; তামার বাটিতে শুধু মাত্র অল্প ছাই পড়িয়া থাকে: $C+O_2=CO_2$. পরে ব্যাটারী হইতে বিযুক্ত করিয়া ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা করিয়া পুনরায় উহা ওজন করা হয়। দেখা যায়, ফ্লাস্কটির ওজন অপরিবর্তিত আছে। অতএব অঙ্গার পুড়িয়া অদৃশ্য হইলেও উহা বিনষ্ট হয় নাই।



চিত্র ২

প্রশ্ন: ৮। নিম্নের প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে ভরের নিত্যতা সূত্র যে সত্য তাহা দেখাইয়া এক একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর:—(ক) লোহায় মরিচা ধরা, (খ) কাঠ কয়লার দহন, (গ) ভৌত পরিবর্তন, (ঘ) ধাতুর জারণ, (ঙ) বিজারণ ক্রিয়া এবং (চ) **অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া।**

উত্তর: (ক) কয়েকটি পরিষ্কার লোহার পেরেক জলে ভিজাইয়া উহাদের একটি শক্ত ও মোটা পরীক্ষানলে লওয়া হয়। নলের মুখে রবারের ছিপি দৃঢ়ভাবে আঁটিয়া তুলাযন্ত্রে উহাকে ওজন করিয়া কয়েকদিন রাখিয়া দেওয়া হয়। পরে দেখা যায়, লোহার পেরেকের গায়ে বাদামী বর্ণের আস্তরণ পড়িয়াছে, অর্থাৎ লোহায় মরিচা ধরিয়াছে। এখন নলটি পুনরায় ওজন করিলে দেখা যায় যে, উহার ওজন পূর্ববৎ একই আছে।

(খ) ৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) পরীক্ষা দেখ।

(গ) একটি লম্বা কাচের পরীক্ষানলে অল্প পরিমাণ কঠিন আয়োডিন লইয়া নলের মুখে রবারের ছিপি শক্তভাবে আঁটিয়া দেওয়া হয় এবং পরে তুলাযন্ত্রে নলটিকে ওজন করা হয়। নলটিকে সামান্য গরম করিলে বেগুনী বর্ণের আয়োডিন বাষ্প উৎপন্ন হয় এবং ইহা পরীক্ষানলের উপরের শীতল অংশে ঘনীভূত হইয়া কালো আয়োডিনরূপে পুনরায়

জমা হয়। ইহা ভৌত পরিবর্তন কারণ আয়োডিনের ধর্মের কোন মূল পরিবর্তন হয় না। পরীক্ষানলটি শীতল করিয়া ওজন লইলে দেখা যায় উহার ওজন একই আছে।

(ঘ) একটি কাচের বকযন্ত্রে অল্প পরিমাণ ধাতব টিন লইয়া বকযন্ত্রের খোলা মুখ আগুনে গলাইয়া বন্ধ করা হয় এবং বকযন্ত্রটি তুলাযন্ত্রে ওজন করা হয়। এইবার বকযন্ত্রটি ক্রমাগত কয়েকদিন ধরিয়া উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে ধাতব টিন বকযন্ত্রের ভিতরকার বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে অর্থাৎ জারিত হইয়া টিন অক্সাইডে পরিণত হয়। বকযন্ত্রটি ঠাণ্ডা করিয়া ওজন লইলে দেখা যায়, ইহার ওজন পূর্ববৎ একই রহিয়াছে।

(ঙ) ৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের ল্যান্‌ডোল্টের পরীক্ষা দেখ।

(চ) ৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরে H-নলের এক বাহুতে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ ও অপর বাহুতে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ লইয়া ল্যান্‌ডোল্টের পরীক্ষা করা হয়; ইহাতে উভয়ের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় দধির মত ঘন সাদা সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে: $NaCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + NaNO_3$.

প্রশ্ন: ৯। মোমবাতি জ্বলিয়া ওজনে কমে, (ii) ম্যাগনেসিয়াম জ্বলিয়া ওজনে বাড়ে, (iii) কর্পূর বায়ুতে খোলা রাখিলে ওজন কমে, (iv) লোহা আর্দ্র বায়ুতে রাখিলে ওজনে বাড়ে—উল্লিখিত ঘটনাগুলি ভরের নিত্যতা সূত্রের পরিপ্রেক্ষিতে ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: (i) মোম প্রধানতঃ কার্বন ও হাইড্রোজেন মৌল দুইটি দ্বারা গঠিত। মোম বায়ুতে জ্বলিবার সময় উহার উপাদান কার্বন ও হাইড্রোজেন বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে এবং সঙ্গে সঙ্গে উহারা বায়ুতে মিশিয়া যায়। সুতরাং আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় যে মোম বায়ুতে জ্বলিয়া ওজনে ক্রমশঃ হ্রাস পাইতেছে। কিন্তু মোম জ্বলিবার কালে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প সংগ্রহ করিয়া ওজন করিলে দেখা যাইত যে জ্বলিবার সময় যে-পরিমাণ মোম যতটুকু অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় তাহাদের মোট ওজন উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পের মোট ওজনের সমান থাকে।

(ii) ম্যাগনেসিয়াম বায়ুতে জ্বলিবার সময় অর্থাৎ দহন কালে বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে কঠিন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড গঠন করে: $2Mg + O_2 = 2MgO$. সেইজন্য আপাতদৃষ্টিতে ইহার ওজন বাড়ে। কিন্তু ম্যাগনেসিয়াম ও উহার দহনের জন্য ব্যয়িত অক্সিজেনের মোট ওজন উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজনের সমান হয়। সুতরাং এই রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের মোট ভর বা ওজনের কোনরূপ পরিবর্তন হয় নাই।

(iii) কর্পূর উদ্বায়ী কঠিন পদার্থ। সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুতে খোলা অবস্থায় রাখিলে উহা ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায়; ফলে কর্পূরের আয়তন ও ওজন ক্রমশঃ হ্রাস পাইতে থাকে। কিন্তু যে কোন সময়ে অবশিষ্ট কর্পূর ও উৎপন্ন কর্পূর বাষ্পের ওজন লইলে দেখা যাইত যে উহাদের মোট ওজন এবং মূল

কর্পূরের ওজন দুই-ই সমান হয়। সুতরাং কর্পূরের গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তর-জনিত ভৌত পরিবর্তনে উহার কোন অংশই বিনষ্ট হয় নাই।

(iv) লোহা আর্দ্র বায়ুতে রাখিলে বায়ুস্থিত অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পের সহিত লোহার রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উহার উপরিভাগে সোদক ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3, xH_2O)-এর বাদামী বর্ণের আল্‌গা গুঁড়ার আস্তরণের সৃষ্টি হয়। ইহাকে লোহার মরিচা ধরা বলে। মরিচা সৃষ্টির সময় লোহা জলীয় বাষ্প ও অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়। সেইজন্য লৌহখণ্ডের ওজন বৃদ্ধি পায়। এক্ষেত্রে কোন নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় নাই, পদার্থের রূপান্তর ঘটে মাত্র। কারণ লোহা এবং বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী জলীয় বাষ্প ও অক্সিজেনের মোট ওজন উৎপন্ন পদার্থ মরিচার ওজনের সমান থাকে।

প্রশ্ন : ১০। (ক) ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে ভরের নিত্যতা সূত্র ব্যাখ্যা কর। (খ) ভরের নিত্যতা সূত্র কিরূপে রাসায়নিক সমীকরণ গঠনে সহায়তা করে?

উত্তর : (ক) ডালটনের মতে পরমাণু অবিভাজ্য এবং রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় পরমাণু সৃষ্ট বা ধ্বংস হয় না; অতএব রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে পরমাণু-সংখ্যার কোন হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে না। প্রত্যেক পরমাণুর ওজন নির্দিষ্ট বলিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে ক্রিয়াশীল পদার্থের পরমাণুগুলির ওজন এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরমাণুগুলির ওজন সমান থাকে; অর্থাৎ পদার্থের রূপান্তর ঘটিলেও উহাদের ওজন সমান থাকে। ইহাই ভরের নিত্যতা সূত্র।

(খ) ভরের নিত্যতা সূত্র হইতে জানা যায়, পদার্থের সৃষ্টি বা বিনাশ নাই। অতএব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের রূপান্তর ঘটে মাত্র; কোন নূতন পদার্থ সৃষ্টি হয় না। অর্থাৎ বিক্রিয়ার পূর্বে মোট যে ওজনের ক্রিয়াশীল পদার্থ থাকে বিক্রিয়ার পরেও উৎপন্ন পদার্থগুলির ওজন পূর্ববৎ থাকিয়া যায়। সেইজন্য রাসায়নিক সমীকরণেও উভয়দিকে প্রত্যেক মৌলের পরমাণু-সংখ্যা অর্থাৎ মোট ভর বা ওজন সমান রাখিতে হয় কারণ প্রত্যেক মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্দিষ্ট।

প্রশ্ন : ১১। (ক) স্থিরানুপাত সূত্রটি বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। একটি উদাহরণের সাহায্যে দেখাও যে উহার বিপরীত বিবৃতিটি সর্বদা সত্য হয় না। (খ) ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে স্থিরানুপাত সূত্র ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : (ক) যে কোন যৌগিক পদার্থ সর্বদাই নির্দিষ্ট মৌলের সমন্বয়ে গঠিত এবং উহাতে মৌলগুলির ওজনের অনুপাত সর্বদাই এক থাকে। ইহাই **স্থিরানুপাত সূত্র**। অর্থাৎ যে কোন উপায়ে প্রস্তুত কোন যৌগের মৌলিক উপাদান এবং উহাদের ওজনের অনুপাত উভয়ই নির্দিষ্ট থাকে। যেমন A ও B দুইটি মৌলের রাসায়নিক সংযোগে AB যৌগ উৎপন্ন হইলে এই সূত্র অনুযায়ী যে কোন পদ্ধতিতে উৎপন্ন AB যৌগে সর্বদাই A ও B মৌল থাকিবে; তদুপরি AB যৌগের বিভিন্ন নমুনায় যদি A মৌলের a, m ও x গ্রামের সহিত যথাক্রমে B মৌলের b, n ও y গ্রাম

যুক্ত থাকে, তবে a : b = m : n = x : y = নির্দিষ্ট হইবে। কৃত্রিম উপায়ে ও বিভিন্ন প্রাকৃতিক উৎস হইতে যৌগিক পদার্থ জল পাওয়া যায়। বিশুদ্ধ জলকে বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়, ইহা সর্বদা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মৌল লইয়া গঠিত এবং ইহাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত সর্বদা 1 : 8. সেইরূপ বিভিন্ন উপায়ে সংগৃহীত বা প্রস্তুত বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডে সর্বদা সোডিয়াম ও ক্লোরিন মৌল দুইটি বর্তমান থাকে এবং ইহাদের ওজনের অনুপাত সর্বদা 23 : 35·5 হয়।

অনেক সময় দেখা যায়, দুইটি নির্দিষ্ট মৌল একাধিক ওজনের অনুপাত যুক্ত হইয়া ভিন্ন ভিন্ন যৌগ গঠন করে ; এক্ষেত্রে উৎপন্ন যৌগসমূহে মৌল দুইটির ওজনের অনুপাত সর্বদা নির্দিষ্ট থাকে না, ভিন্ন হয়। যেমন কার্বন ও অক্সিজেন মৌল দুইটি পরস্পর যুক্ত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড, CO ও কার্বন ডাই-অক্সাইড CO_2 দুইটি যৌগ উৎপন্ন করে। কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন ও অক্সিজেন মৌলের ওজনের অনুপাত নির্দিষ্ট নয় ; ইহারা যথাক্রমে 3 : 4 ও 3 : 8। সুতরাং যৌগ গঠনে দুইটি মৌল সর্বদা একই নির্দিষ্ট অনুপাতে যুক্ত নাও হইতে পারে।

(খ) মনে কর, A মৌলের একটি পরমাণু B মৌলের দুইটি পরমাণুর সহিত রাসায়নিক সংযোগে C যৌগের একটি অণু গঠন করে। ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে A ও B মৌলের পরমাণুর সমন্বয়ে C মৌল সৃষ্ট হইয়াছে। আবার A ও B মৌলের পরমাণুর ওজন সুনির্দিষ্ট। অতএব C যৌগে সর্বদাই A ও B মৌল দুইটি নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে যুক্ত থাকে। ইহাই স্থিরানুপাত সূত্র।

প্রশ্ন : ১২। (ক) গুণানুপাত সূত্রটি লিখ। এই সূত্র ব্যাখ্যা করিতে দুইটি উদাহরণ দাও। (খ) ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে গুণানুপাত সূত্র ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : (ক) দুইটি মৌল পরস্পর যুক্ত হইয়া দুই বা ততোধিক যৌগ গঠন করিলে একটি মৌলের নির্দিষ্ট ওজন অপর মৌলের যে সকল বিভিন্ন ওজনের সহিত যুক্ত হয়, সেই বিভিন্ন ওজনগুলি সর্বদাই একটি সরল অনুপাতে থাকে। ইহাই **গুণানুপাত সূত্র**। সরল অনুপাত বলিতে অনুপাত পূর্ণসংখ্যা যেমন 1 : 2, 1 : 3, 2 : 3, 3 : 4 ইত্যাদি বুঝায়—ইহা ভগ্নাংশ যেমন 1·2 : 2·8, 1·3 : 3·8 ইত্যাদি হয় না।

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মৌল পরস্পর যুক্ত হইয়া জল (H_2O) ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H_2O_2) দুইটি যৌগ গঠন করে। জলে 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে। কিন্তু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়। অতএব এই দুইটি যৌগে হাইড্রোজেনের নির্দিষ্ট ওজন (2 ভাগ) যথাক্রমে অক্সিজেনের 16 ও 32 ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 16 : 32 = 1 : 2 = সরল অনুপাত। সেইরূপ কার্বন অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে কার্বন মনোক্সাইড (CO) ও কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) দুইটি যৌগ উৎপন্ন করে। কার্বন মনোক্সাইডে 12 ভাগ ওজন কার্বন 16 ভাগ ওজন অক্সিজেনের সঙ্গে এবং কার্বন

ডাই-অক্সাইডে 12 ভাগ ওজন কার্বন 32 ভাগ ওজন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত থাকে। সুতরাং নির্দিষ্ট ওজন (12 ভাগ) কার্বনের সহিত যে বিভিন্ন ওজনের অক্সিজেন যুক্ত হয় তাহাদের অনুপাত 16 : 32 অর্থাৎ 1 : 2 ইহা সরল অনুপাত।

(খ) মনে কর, A ও B দুইটি মৌলের সংযোগে দুই বা ততোধিক যৌগ সৃষ্টি হয়। ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে উহাদের অণুগুলি A ও B-এর পরমাণুর মিলনে গঠিত। যদি একটি A পরমাণু ও একটি B পরমাণুর সমন্বয়ে প্রথম পদার্থ AB, একটি A পরমাণু ও দুইটি B পরমাণুর সমন্বয়ে দ্বিতীয় পদার্থ AB_2 এবং দুইটি A পরমাণু ও তিনটি B পরমাণুর সমন্বয়ে তৃতীয় পদার্থ A_2B_3-এর অণুগুলি গঠিত হয় এবং A ও B মৌল দুইটির পরমাণুর ওজন যথাক্রমে x গ্রাম ও y গ্রাম হয়, তাহা হইলে প্রথম পদার্থে x গ্রাম A ও y গ্রাম B, দ্বিতীয় পদার্থে x গ্রাম A ও 2y গ্রাম B এবং তৃতীয় পদার্থে 2x গ্রাম A ও 3y গ্রাম B যুক্ত আছে। অতএব A ও B মৌল দুইটির ওজনের অনুপাত প্রথম পদার্থে x : y, দ্বিতীয় পদার্থে x : 2y এবং তৃতীয় পদার্থে 2x : 3y বা x : $\frac{3}{2}$ y. সুতরাং বিভিন্ন যৌগে x গ্রাম A মৌলের সহিত বিভিন্ন পরিমাণ B মৌলের সংযুক্তির অনুপাত y : 2y : $\frac{3}{2}$ y = 2 : 4 : 3 অর্থাৎ একটি সরল অনুপাত। ইহাই গুণানুপাত সূত্র।

প্রশ্ন : ১৩। মিথোনুপাত সূত্র বিবৃত কর এবং উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ইহা হইতে কিভাবে তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রের ধারণা করা যায়?

উত্তর : যদি একটি বিশিষ্ট মৌল নির্দিষ্ট ওজনে অপর দুই বা ততোধিক মৌলের বিভিন্ন ওজনের সহিত স্বতন্ত্রভাবে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে তবে অপর মৌলগুলি পরস্পর যুক্ত হইয়া যৌগ উৎপন্ন করিবার সময় সেই ওজনে অথবা উহাদের ওজনের সরল গুণিতকে যুক্ত হয়। ইহাই **মিথোনুপাত সূত্র**। যেমন A মৌলের a গ্রামের সহিত B মৌলের b গ্রাম এবং মৌলের c গ্রাম পৃথকভাবে যুক্ত হইয়া AB ও AC যৌগ উৎপন্ন করিলে B ও C মৌল দুইটি পরস্পর রাসায়নিক সংযোগে যৌগ গঠন করিবার সময় উহাদের ওজনের অনুপাত b : c অথবা b বা c-এর কোন সরল গুণিতক যথা 2b : c বা b : 2c ইত্যাদি হইবে।

হাইড্রোজেন পৃথকভাবে কার্বন ও অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া মিথেন, CH_4 ও জল, H_2O এই দুইটি যৌগ উৎপন্ন করে। মিথেন গ্যাসে হাইড্রোজেন ও কার্বন 4 : 12 অর্থাৎ 1 : 3 ওজনের অনুপাতে এবং জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন 2 : 16 অর্থাৎ 1 : 8 ওজনের অনুপাতে যুক্ত থাকে। অতএব দেখা যায়, কার্বন ও অক্সিজেন মৌল দুইটির সংযোগের ওজনের অনুপাত 3 : 8। কিন্তু কার্বন ও অক্সিজেন পরস্পর যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড, CO_2 অথবা কার্বন মনোক্সাইড, CO গ্যাস উৎপন্ন করে। কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন ও অক্সিজেনের সংযোগের অনুপাত 12 : 32 বা 3 : 8 অর্থাৎ পূর্বেকার অনুপাতের সমান। কিন্তু কার্বন মনোক্সাইডে কার্বন ও অক্সিজেনের সংযোগের অনুপাত 12 : 16 বা 3 : 4 অর্থাৎ পূর্বেকার অনুপাতের (3 : 8) সরল গুণিতক। ইহাইমিথোনুপাত সূত্রের সত্যতা প্রমানিত করে।

মৌলগুলি পারস্পরিক সংযুক্তির ফলে যৌগ গঠন করিবার সময় উহাদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে অথবা উহাদের তুল্যাঙ্কের অতি সরল গুণিতকের অনুপাতে যুক্ত হয়। ইহাই তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র। পূর্ববর্তী মিথোনুপাত সূত্রের উদাহরণ হইতে পাই, কার্বন ও অক্সিজেনের সংযোগে কার্বন ডাই-অক্সাইড যৌগ গঠনের সময় উহারা 3 : 8 ওজনের অনুপাতে যুক্ত হয়; 3 ও 8 যথাক্রমে কার্বন ও অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক বা তুলাঙ্কভার। আবার কার্বন মনোক্সাইড যৌগ গঠনকালে কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত থাকে 3 : 4; এক্ষেত্রে 3 কার্বনের তুল্যাঙ্কভার কিন্তু 4 অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভারের সরল গুণিতক। এইভাবে মিথোনুপাত সূত্র হইতে তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রের ধারনা করা যায়।

সাধারণতঃ তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র একটি অতি প্রয়োজনীয় ও সর্বজনীন সূত্র এবং মিথোনুপাত সূত্র ইহার অনুসিদ্ধান্ত মাত্র। কারণ, তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র হইতে মিথোনুপাত সূত্র প্রতিষ্ঠা করা যায়।

প্রশ্ন : ১৪। (ক) ডালটনের পরমাণুবাদ বর্ণনা কর। অথবা, **ডালটনের পরমাণুবাদের মূল স্বীকার্য বিষয়গুলি উল্লেখ কর। ইহার প্রয়োজনীয়তা সংক্ষেপে লিখ। (খ) পরমাণুবাদের ত্রুটি সংক্ষেপে উল্লেখ কর। ইহার সীমাবদ্ধতা কি কি? (গ) সকল মৌলের পরমাণুই কি সম্পূর্ণরূপে অবিভাজ্য? এ সম্বন্ধে তোমার যুক্তি দেখাও।**

উত্তর : (ক) 1808 খ্রীষ্টাব্দে ইংরেজ বিজ্ঞানী ডালটন মৌলের পরমাণুগুলির পরিচয় ও উহাদের সাধারণ ধর্ম এবং বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর সমন্বয়ে যৌগের গঠন সম্বন্ধে একটি মতবাদ প্রকাশ করেন। ইহাই **ডালটনের পরমাণুবাদ** নামে পরিচিত। এই পরমাণুবাদের মূল তত্ত্বগুলি নিম্নরূপ :—

(১) প্রত্যেকটি মৌল বহুসংখ্যক অবিভাজ্য ক্ষুদ্রতম কণার সমন্বয়ে গঠিত। ইহাকে পরমাণু বলে। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ইহাদের ভাঙ্গা বা গড়া যায় না।

(২) নির্দিষ্ট মৌলের প্রত্যেকটি পরমাণুর ওজন, আকার ও ধর্ম সম্পূর্ণরূপে এক থাকে।

(৩) বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি বিভিন্ন ওজন, আকার ও ধর্মবিশিষ্ট হয়।

(৪) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় দুই বা ততোধিক বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি পরস্পর সরল অনুপাতে (1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 2 : 3 ইত্যাদি) মিলিয়া যৌগ গঠন করে।

(৫) মৌলের ওজন উহার ভিতর অবস্থিত পরমাণুগুলির ওজনের সমষ্টি সূচিত করে।

হাইড্রোজেন একটি মৌল; ইহা অসংখ্য ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য কণা হাইড্রোজেন পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত। হাইড্রোজেনের সমস্ত পরমাণুর ওজন, আকার ও ধর্ম অভিন্ন। সেইরূপ অপর একটি মৌল।অক্সিজেনের সমস্ত পরমাণুর ওজন, আকার ও ধর্ম অভিন্ন। কিন্তু হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন, আকার ও ধর্ম অক্সিজেন পরমাণুর ওজন, আকার ও ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মৌল দুইটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যৌগিক পদার্থ জল সৃষ্টি করে—এই জলের ভিতর হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরমাণুগুলির সংখ্যার অনুপাত 2 : 1 এবং ইহা একটি সরল অনুপাত। সেইরূপ কার্বন

ডাই-অক্সাইড যৌগে কার্বন ও অক্সিজেনের পরমাণু-সংখ্যাও সরল অনুপাতে (1 : 2) থাকে।

প্রয়োজনীয়তা—(*i*) প্রত্যেক মৌল যে প্রাথমিক ক্ষুদ্রতম কণা পরমাণু দ্বারা গঠিত তাহা এই পরমাণুবাদ ব্যাখ্যা করে; ইহা রসায়নের মূল ভিত্তিস্বরূপ।

(ii) ইহা মৌল হইতে কিভাবে যৌগ গঠিত হয় তাহা ব্যাখ্যা করে।

(iii) পরমাণুবাদের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সমীকরণ দ্বারা সহজে প্রকাশ করা যায়।

(iv) ইহা ওজন-সম্পর্কিত রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলি ব্যাখ্যা করে।

(v) পরমাণুবাদের সাহায্যে অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের সিদ্ধান্ত লওয়া সম্ভব হয়।

(খ) **পরমাণুবাদের ত্রুটি**—(১) আধুনিক ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে পরমাণু অবিভাজ্য নয়; ইহা প্রোটন, ইলেকট্রন ও নিউট্রন এই তিনটি মূল কণা দ্বারা গঠিত।

(২) একই মৌলের বিভিন্ন সমস্থানিকের পরমাণুগুলি ধর্মে একই হইলেও উহাদের ওজন ভিন্ন হয়। সমস্থানিক হাইড্রোজেন মৌলের পরমাণুও তিন প্রকার ওজন বিশিষ্ট।

(৩) সমস্থানিক বিভিন্ন মৌলের পরমাণু ভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট হইলেও উহাদের কিছু সংখ্যক পরমাণুর ওজন সমান হইতে পারে।

(৪) অনেক যৌগের অণুতে মৌলিক উপাদানের পরমাণুগুলি সরল অনুপাতে যুক্ত থাকে না; যেমন $C_{12}H_{22}O_{11}$ (ইক্ষু-শর্করা)।

(৫) পরমাণুর নিউক্লিয়াসের অংশটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অবিভাজ্য থাকে, শুধুমাত্র বহিঃস্থ ইলেকট্রনগুলি অংশ গ্রহন করে।

(৬) ডালটন যৌগের ক্ষুদ্রতম কণাকেও পরমাণুরূপে আখ্যা দেন।

সীমাবদ্ধতা—(*i*) ডালটনের পরমাণুবাদ মৌলের ক্ষুদ্রতম কণা ও যৌগের ক্ষুদ্রতম কণার মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ করে না।

(ii) ইহা গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ব্যাখ্যা করে না।

(iii) ইহার সাহায্যে বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ধারন করা যায় না।

(গ) বিভিন্ন ধরণের পরীক্ষা দ্বারা পরবর্তীকালে প্রমাণিত হইয়াছে যে, সকল মৌলের পরমাণুই অবিভাজ্য নয়। তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুগুলি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভাঙ্গিয়া কম ওজনের নূতন নূতন মৌলের পরমাণু সৃষ্টি করে এবং সেই সঙ্গে আল্‌ফা, বীটা ও গামা নামক তিন প্রকার ক্ষুদ্রতম পদার্থ কণা অদৃশ্য রশ্মিরূপে বিকীরণ করে। ইহা ছাড়া সকল মৌলের পরমাণুই প্রোটন, নিউট্রন ও ইলেকট্রন এই তিন প্রকার মৌল কণার সমন্বয়ে গঠিত। কারণ বিভিন্ন উপায়ে ভিন্ন ভিন্ন পদার্থ হইতেও উপরোক্ত তিন প্রকার মৌল কণার সন্ধান পাওয়া যায়। এইভাবে যে কোন মৌলের পরমাণুই যে অবিভাজ্য নয় তাহা বুঝা যায়।

প্রশ্ন : ১৫। গে-লুসাকের-গ্যাসায়তন সূত্রটি লিখ এবং দুইটি উদাহরণ দ্বারা উহার যথার্থতা প্রমাণ কর।

উত্তর : একই উষ্ণতা ও চাপে আয়তন মাপিলে গ্যাসীয় পদার্থগুলি উহাদের আয়তনের সরল অনুপাতে বিক্রিয়া করে এবং উৎপন্ন পদার্থ গ্যাসীয় হইলে উহার আয়তনও ক্রিয়াশীল গ্যাসের আয়তনের সহিত সরল অনুপাতে থাকে। ইহাই **গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র**।

উদাহরণ : (১) এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিন পরস্পর যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে : $H_2+Cl_2 =2HCl$. অতএব হাইড্রোজেন, ক্লোরিন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের আয়তনের অনুপাত $=1:1:2$; ইহা একটি সরল অনুপাত।

(২) এক আয়তন নাইট্রোজেনের সহিত তিন আয়তন হাইড্রোজেনের সংযুক্তির ফলে দুই আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় : $N_2+3H_2=2NH_3$. অতএব নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তনের অনুপাত $=1:3:2$; ইহাও একটি সরল অনুপাত ।

অতএব দেখা যায়, প্রত্যেক ক্ষেত্রেই এই সকল গ্যাসের আয়তন সরল অনুপাতে আছে। অবশ্য আয়তন নির্ধারণকালে ক্রিয়াশীল এবং উৎপন্ন গ্যাসসমূহের উষ্ণতা ও চাপ নির্দিষ্ট রাখিতে হয়। ইহারা সুনিশ্চিতভাবে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের যথার্থতা প্রমাণ করে।

গাণিতিক উদাহরণ

১। বিভিন্ন নমুনার 121·4993 গ্রাম, 144·2070 গ্রাম এবং 92·8745 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড বিশ্লেষণ করিলে যথাক্রমে 91·462 গ্রাম, 108·54 গ্রাম এবং 69·8674 গ্রাম সিলভার পাওয়া যায়। দেখাও যে এই পরীক্ষালব্ধ ফল স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

উত্তর : প্রথম নমুনায় সিলভারের ওজন=91·462 গ্রাম এবং ক্লোরিনের ওজন=(121·4993−91·462)=30·0373 গ্রাম।

∴ সিলভার ও ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত=91·462 : 30·0373=3·04 : 1.

দ্বিতীয় নমুনায় সিলভারের ওজন=108·549 গ্রাম এবং ক্লোরিনের ওজন= (144·2070−108·549)=35·658 গ্রাম।

∴ সিলভার ও ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত=108·549 : 35·658=3·04 : 1

তৃতীয় নমুনায় সিলভারের ওজন=69·8674 গ্রাম এবং ক্লোরিনের ওজন= (92·8745−69·8674)=23·0071 গ্রাম।

∴ সিলভার ও ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত=69·8674 : 23·0071=3·04 : 1.

সুতরাং দেখা যায়, সিলভার ক্লোরাইডের তিনটি বিভিন্ন নমুনায় প্রত্যেক ক্ষেত্রেই সিলভার ও ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত 3·04 : 1 অর্থাৎ নির্দিষ্ট। অতএব পরীক্ষালব্ধ ফল স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

২। (i) সমুদ্র জল হইতে উৎপন্ন খাদ্যলবণে 60·67% ক্লোরিন আছে; (ii) 2·925 গ্রাম খনিজ খাদ্যলবণে 1·775 গ্রাম ক্লোরিন আছে; (iii) পরীক্ষাগারে 0·383 গ্রাম সোডিয়াম হইতে 0·975 গ্রাম খাদ্যলবণ উৎপন্ন হয়। এই ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্রানুযায়ী কিনা বল।

উত্তর : (i) খাদ্যলবণে ক্লোরিন $=60·67\%$; $\therefore$ সোডিয়াম $=(100-60·69)$ $=39·31\%$. অর্থাৎ 39·31 গ্রাম সোডিয়ামের সহিত 60·67 গ্রাম কোরিন যুক্ত আছে। অতএব 1 গ্রাম সোডিয়ামের সহিত $\frac{60·67}{39·31}=1·544$ গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত আছে।

(ii) খাদ্যলবণে ক্লোরিনের ওজন $=1·775$ গ্রাম এবং সোডিয়ামের ওজন $=(2·925-1·775)=1·15$ গ্রাম। অতএব 1 গ্রাম সোডিয়ামের সহিত $\frac{1·775}{1·15}=$ 1·545 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত আছে।

(iii) খাদ্যলবণে সোডিয়ামের ওজন $=0·383$ গ্রাম এবং ক্লোরিনের ওজন $=(0·975-0·383)=0·592$ গ্রাম। অতএব 1 গ্রাম সোডিয়ামের সহিত $\frac{0·592}{0·383}$ $=1·545$ গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত আছে।

সুতরাং দেখা যায়, বিভিন্ন উপায়ে প্রাপ্ত খাদ্যলবণে সোডিয়াম ও ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত সর্বদা নির্দিষ্ট। অতএব ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্রানুযায়ী হইয়াছে।

৩। (ক) 0·12 গ্রাম কোন একটি ধাতু বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে 0·20 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন হয়; (খ) ইহার কার্বনেটে ও নাইট্রেটে যথাক্রমে 28·5% এবং 16·2% ধাতু বিদ্যমান। লবণ দুইটির প্রত্যেকটির 1·00 গ্রাম পৃথকভাবে উত্তপ্ত করিলে কি কি পরিমাণ অক্সাইড পাওয়া যাইবে তাহা স্থিরানুপাত সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় কর।

উত্তর : ধাতব অক্সাইডের ওজন $=0·20$ গ্রাম এবং ধাতুর ওজন $=0·12$ গ্রাম; $\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $=(0·20-0·12)=0·08$ গ্রাম। সুতরাং ধাতব অক্সাইডে, ধাতু ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত $=0·12 : 0·08=3 : 2$.

ধাতব কার্বনেটে ধাতুর পরিমাণ শতকরা 28·5 ভাগ। সুতরাং 1 গ্রাম ধাতব কার্বনেটে 0·285 গ্রাম ধাতু আছে। স্থিরানুপাত সূত্রানুযায়ী যে-কোন উপায়ে প্রস্তুত এই ধাতব অক্সাইডে সর্বদাই ধাতু এবং অক্সিজেনের অনুপাত 3 : 2 হইবে। অর্থাৎ $\frac{0·285\ (\text{ধাতুর ওজন})}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\frac{3}{2}$; সুতরাং অক্সিজেনের ওজন $=\frac{2}{3}\times0·285=0·190$ গ্রাম।

$\therefore$ কার্বনেট হইতে উৎপন্ন অক্সাইডের ওজন $=(0·285+0·190)=0·475$ গ্রাম।

সেইরূপ, 1 গ্রাম ধাতব নাইট্রেটে ধাতুর ওজন $=0·162$ গ্রাম। অতএব স্থিরানুপাত সূত্র অনুসারে, $\frac{0·162}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\frac{3}{2}$; সুতরাং অক্সিজেনের ওজন $=\frac{2}{3}\times0·162$ $=0·108$ গ্রাম।

$\therefore$ নাইট্রেট হইতে উৎপন্ন অক্সাইডের ওজন $=(0·162+0·108)=0·27$ গ্রাম।

৪। কপারের দুইটি ক্লোরাইড যৌগে যথাক্রমে 64·1% এবং 47·4% কপার আছে। এই তথ্য যে গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে দেখাও।

উত্তর: প্রথম ক্লোরাইডে 64·1 গ্রাম কপার (100 − 64·1) = 35·9 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়। অতএব, 1 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয় $\frac{64·1}{35·9} = 1·80$ গ্রাম কপার।

দ্বিতীয় ক্লোরাইডে 47·4 গ্রাম কপার (100 − 47·4) = 52·6 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়। অতএব, 1 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয় $\frac{47·4}{52·6} = 0·90$ গ্রাম কপার।

সুতরাং উপরোক্ত দুইটি ক্লোরাইড যৌগে কপারের ওজনের অনুপাত = 1·80 : 0·90 = 2 : 1 (সরল অনুপাত)। অতএব ইহা গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

৫। একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইডের প্রত্যেকটির 1 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে 0·798 গ্রাম এবং 0·888 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। দেখাও যে ইহা গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

উত্তর: প্রথম অক্সাইডে 0·798 গ্রাম ধাতুর সহিত (1 − 0·798) = 0·202 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে। অতএব 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন $= \frac{0·798}{0·202} = 3·95$ গ্রাম।

দ্বিতীয় অক্সাইডে 0·888 গ্রাম ধাতুর সহিত (1 − 0·888) = 0·112 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে। অতএব 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন $= \frac{0·888}{0·112} = 7·90$ গ্রাম।

সুতরাং উপরোক্ত দুইটি অক্সাইডে নির্দিষ্ট পরিমাণ (1 গ্রাম) ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত = 3·95 : 7·90 = 1 : 2 ; ইহা একটি সরল অনুপাত। অতএব পরীক্ষালব্ধ ফল গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

৬। কার্বনের দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড যৌগের একটিতে 75% এবং অপরটিতে 80% কার্বন আছে। এই সংযুতি যে গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে দেখাও।

উত্তর: প্রথম যৌগে 75 ভাগ কার্বন (100 − 75) = 25 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত আছে। অতএব 1 ভাগ কার্বন $\frac{25}{75} = \frac{1}{3}$ ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত আছে।

দ্বিতীয় যৌগে 80 ভাগ কার্বন (100 − 80) = 20 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত আছে। অতএব 1 গ্রাম কার্বন $\frac{20}{80} = \frac{1}{4}$ ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত আছে।

সুতরাং উপরোক্ত দুইটি হাইড্রাইড যৌগে নির্দিষ্ট ওজনের (1 গ্রাম) কার্বনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজনের অনুপাত $= \frac{1}{3} : \frac{1}{4}$ বা 4 : 3 ; ইহা একটি সরল অনুপাত। অতএব প্রদত্ত সংযুতি গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

৭। নাইট্রোজেনের পাঁচটি অক্সাইডে ওজন হিসাবে যথাক্রমে শতকরা 63·63, 46·68, 36·84, 30·43 এবং 25·93 ভাগ নাইট্রোজেন আছে। এই তথ্য গুণানুপাত সূত্রের উদাহরণ তাহা দেখাও।

উত্তর : প্রথম অক্সাইডে, 63·63 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত $(100-63{\cdot}63)=36{\cdot}37$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে ; অর্থাৎ 1 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত $\frac{36{\cdot}37}{63{\cdot}63}=0{\cdot}57$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে।

দ্বিতীয় অক্সাইডে, 46·68 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত $(100-46{\cdot}68)=53{\cdot}32$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে ; অর্থাৎ 1 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত $\frac{53{\cdot}32}{46{\cdot}68}=1{\cdot}14$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে।

তৃতীয় অক্সাইডে, 36·84 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত $(100-36{\cdot}84)=63{\cdot}16$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে ; অর্থাৎ 1 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত $\frac{63{\cdot}16}{36{\cdot}84}=1{\cdot}71$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে।

চতুর্থ অক্সাইডে, 30·43 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত $(100-30{\cdot}43)=69{\cdot}57$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে ; অর্থাৎ 1 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত $\frac{69{\cdot}57}{30{\cdot}43}=2{\cdot}28$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে।

পঞ্চম অক্সাইডে, 25·93 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত $(100-25{\cdot}93)=74{\cdot}07$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে ; অর্থাৎ 1 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত $\frac{74{\cdot}07}{25{\cdot}93}=2{\cdot}85$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে।

সুতরাং নাইট্রোজেনের পাঁচটি অক্সাইডে 1 গ্রাম নাইট্রোজেন যথাক্রমে 0·57 গ্রাম, 1·14 গ্রাম, 1·71 গ্রাম, 2·28 গ্রাম ও 2·85 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে এবং যুক্ত অক্সিজেনের ওজনগুলির অনুপাত $=0{\cdot}57 : 1{\cdot}14 : 1{\cdot}71 : 2{\cdot}28 : 2{\cdot}85 = 1 : 2 : 3 : 4 : 5$ (0·57 দ্বারা ভাগ করিয়া)। ইহা একটি সরল অনুপাত ; সুতরাং ইহা গুণানুপাত সূত্রের উদাহরণ।

৮। আয়রণের তিনটি অক্সাইডে ওজন হিসাবে আয়রণ 77·78%, 70·0% এবং 72·41% থাকে। এই পরিমাণগুলি কি গুণানুপাত সূত্রসম্মত ?

উত্তর : প্রথম অক্সাইডে, 77·78 গ্রাম আয়রণের সহিত $(100-77{\cdot}78)=22{\cdot}22$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে। অতএব 1 গ্রাম আয়রণের সহিত $\frac{22{\cdot}22}{77{\cdot}78}=0{\cdot}2358$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে।

দ্বিতীয় অক্সাইডে, 70·0 গ্রাম আয়রণের সহিত $(100-70{\cdot}0)=30{\cdot}0$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে। অতএব 1 গ্রাম আয়রণের সহিত $\frac{30{\cdot}0}{70{\cdot}0}=0{\cdot}4285$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে।

তৃতীয় অক্সাইডে, 72·41 গ্রাম আয়রণের সহিত $(100-72{\cdot}41)=27{\cdot}59$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে। অতএব 1 গ্রাম আয়রণের সহিত $\frac{27{\cdot}59}{72{\cdot}41}=0{\cdot}381$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে।

সুতরাং উপরোক্ত তিনটি আয়রণ অক্সাইডে 1 গ্রাম আয়রণ যথাক্রমে 0·2858 গ্রাম, 0·4285 গ্রাম ও 0·381 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে এবং যুক্ত অক্সিজেনের ওজনগুলির অনুপাত 0·2858 : 0·4285 : 0·381 = 1 : 1·5 : 1·33 (0·2858 দ্বারা ভাগ করিয়া)। এই অনুপাতটি পূর্ণ সংখ্যায় আনিতে 6 দিয়া গুণ করিলে পাই, 6 : 9 : 8 ; ইহা একটি সরল অনুপাত। অতএব পরিমাণগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

৯। কোন ধাতুর দুইটি অক্সাইড 'a' এবং 'b' হাইড্রোজেন প্রবাহে স্থির ওজন না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া প্রত্যেক ক্ষেত্রে উৎপন্ন জল সংগৃহীত করিয়া ওজন করা হইল। যদি 2 গ্রাম 'a' 0·2517 গ্রাম জল এবং 1 গ্রাম 'b' 0·2264 গ্রাম জল উৎপন্ন করে তাহা হইলে দেখাও যে ইহা গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

উত্তর : যেহেতু 18 গ্রাম জলে 16 ভাগ অক্সিজেন থাকে, অতএব 0·2517 গ্রাম জলে $\frac{16}{18}\times 0{\cdot}2517=0{\cdot}2238$ গ্রাম অক্সিজেন বিদ্যমান।

∴ 2 গ্রাম 'a' অক্সাইডে 0·2238 গ্রাম অক্সিজেন আছে এবং ধাতুর ওজন $=(2{\cdot}0-0{\cdot}2238)=1{\cdot}7762$ গ্রাম। অতএব 'a' অক্সাইডে, 0·2238 গ্রাম অক্সিজেন 1·7762 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত আছে ; অর্থাৎ 1 গ্রাম অক্সিজেন $\frac{1{\cdot}7762}{0{\cdot}2238}=7{\cdot}934$ গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত আছে।

অনুরূপে, 0·2264 গ্রাম জলে $\frac{16}{18}\times 0{\cdot}2264=0{\cdot}2013$ গ্রাম অক্সিজেন বিদ্যমান।

∴ 1 গ্রাম 'b' অক্সাইডে 0·2013 গ্রাম অক্সিজেন আছে এবং ধাতুর ওজন= $(1{\cdot}0-0{\cdot}2013)=0{\cdot}7987$ গ্রাম। অতএব, 'b' অক্সাইডে, 0·2013 গ্রাম অক্সিজেন 0·7987 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত আছে ; অর্থাৎ 1 গ্রাম অক্সিজেন $\frac{0{\cdot}7987}{0{\cdot}2013}=3{\cdot}967$ গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত আছে।

সুতরাং উপরোক্ত দুইটি অক্সাইডে ধাতুর ওজনের অনুপাত = 7·934 : 3·967 = 2 : 1 (সরল অনুপাত)। অতএব ইহা গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

১০। কোন ধাতুর দুইটি বিভিন্ন অক্সাইডে যথাক্রমে 27·6% এবং 30·0% অক্সিজেন আছে। প্রথম অক্সাইডের সংকেত M_3O_4 হইলে দ্বিতীয়টির সংকেত বাহির কর।

উত্তর : প্রথম অক্সাইডে, অক্সিজেন = 27·6% ; অতএব ধাতু = $(100-27{\cdot}6)$ = 72·4%. অর্থাৎ 72·4 গ্রাম ধাতুর সহিত 27·6 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে। যেহেতু এই অক্সাইডের সংকেত M_3O_4, অর্থাৎ,

$$\frac{\text{M ধাতুর পরমাণু-সংখ্যা}}{\text{অক্সিজেনের পরমাণু-সংখ্যা}}=\frac{3}{4}=\frac{72{\cdot}4/x}{27{\cdot}6/16}\,;\quad \text{অতএব, } x=\frac{72{\cdot}4\times 4}{27{\cdot}6\times 3}\times 16=$$

55·97, (এখানে x এবং 16 যথাক্রমে M ও অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন নির্দেশ করে।)

দ্বিতীয় অক্সাইডে, অক্সিজেন = 30·0% ; অতএব ধাতু = (100 − 30·0) = 70·0%. অর্থাৎ 70·0 গ্রাম ধাতুর সহিত 30·0 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে। অতএব,

$$\frac{\text{M ধাতুর পরমাণু-সংখ্যা}}{\text{অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা}} = \frac{70·0/55·97}{30·0/16} = \frac{2}{3}.$$

সুতরাং দ্বিতীয় অক্সাইডের সংকেত = M_2O_3.

১১। হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে (i) 1·393 গ্রাম লিথার্জ (PbO) হইতে 1·293 গ্রাম লেড, (ii) 2·173 গ্রাম লেড ডাই-অক্সাইড (PbO_2) হইতে 1·882 গ্রাম লেড এবং (iii) 1·712 গ্রাম রেড লেড (Pb_3O_4) হইতে 1·552 গ্রাম লেড পাওয়া যায়। দেখাও যে ইহা গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

উত্তর : (i) লিথার্জ (PbO) যৌগে 1·293 গ্রাম লেড (1·393 − 1·293) = 0·10 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে ; অতএব 1 গ্রাম লেড $\frac{0·10}{1·923}$ = 0·07734 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

(ii) লেড ডাই-অক্সাইড (PbO_2) যৌগে 1·882 গ্রাম লেড (2·173 − 1·882) = 0·291 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে ; অতএব 1 গ্রাম লেড $\frac{0·291}{1·882}$ = 0·1545 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

(iii) রেড লেড (Pb_3O_4) যৌগে 1·552 গ্রাম লেড (1·712 − 1·552) = 0·160 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে ; অতএব 1 গ্রাম লেড $\frac{0·160}{1·552}$ = 0·1031 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

সুতরাং বিভিন্ন অক্সাইড যৌগে নির্দিষ্ট ওজনের (1 গ্রাম) লেডের সহিত যে ওজনের অক্সিজেন পৃথকভাবে যুক্ত হয় তাহাদের অনুপাত = 0·07734 : 0·1545 : 0·1031 = 3 : 6 : 4 (0·02578 দ্বারা ভাগ করিয়া)। ইহা একটি সরল অনুপাত ; অতএব এই সংখ্যানুপাত গুণানুপাত সূত্রের সমর্থক।

১২। M ধাতুর দুইটি অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে স্থির ওজন না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে প্রতি গ্রাম অক্সাইড হইতে যথাক্রমে 0·12585 গ্রাম এবং 0·2264 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। দ্বিতীয় অক্সাইডের সংকেত MO হইলে অপরটির সংকেত বাহির কর।

উত্তর : যেহেতু 18 গ্রামে জলে 16 গ্রাম অক্সিজেন থাকে, অতএব 0·12585 গ্রাম জলে $\frac{16}{18}$ × 0·12585 = 0·1119 গ্রাম অক্সিজেন থাকে। এই 0·1119 গ্রাম অক্সিজেন 1 গ্রাম প্রথম অক্সাইডে বিদ্যমান। অতএব 1 গ্রাম প্রথম অক্সাইডে, M = (1·0 − 0·1119) = 0·8881 গ্রাম এবং O = 0·1119 গ্রাম আছে।

অনুরূপে, 0·2264 গ্রাম জলে $\frac{16}{18}$ × 0·2264 = 0·2013 গ্রাম অক্সিজেন থাকে। এই 0·2013 গ্রাম অক্সিজেন 1 গ্রাম দ্বিতীয় অক্সাইডে বিদ্যমান। অতএব 1 গ্রাম

দ্বিতীয় অক্সাইডে, $M=(1·0-0·2013)=0·7987$ গ্রাম এবং $O=0·2013$ গ্রাম আছে। যেহেতু দ্বিতীয় অক্সাইডের সংকেত MO, অর্থাৎ

$$\frac{\text{M-এর পরমাণু-সংখ্যা}}{\text{O-এর পরমাণু-সংখ্যা}}=\frac{1}{1}=\frac{0·7987/x}{0·2013/16},$$

(এখানে x ও 16 যথাক্রমে M ও অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন)।

$$\therefore\quad x=\frac{0·7987}{0·2013}\times 16=63·49.$$

অতএব প্রথম অক্সাইডে, $\frac{\text{M-এর পরমাণু-সংখ্যা}}{\text{O-এর পরমাণু-সংখ্যা}}=\frac{0·8881/63·49}{0·1119/16}=\frac{2}{1}.$

সুতরাং প্রথম অক্সাইডের সংকেত M_2O.

১৩। 8 গ্রাম অক্সিজেন যথাক্রমে 3 গ্রাম কার্বন ও 8 গ্রাম সালফারের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। আবার 1 গ্রাম কার্বন 5·333 গ্রাম সালফারের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-সালফাইড নামক তরল পদার্থ উৎপাদন করে। কার্বন ডাই-সালফাইড প্রস্তুতিতে যে মিথোনুপাত সূত্র সমর্থিত হয় তাহা দেখাও।

উত্তর : কার্বন ডাই-অক্সাইডে 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত 3 গ্রাম কার্বন যুক্ত থাকে ; অর্থাৎ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত $\frac{3}{8}=0·375$ গ্রাম কার্বন যুক্ত হয়।

সালফার ডাই-অক্সাইডে 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত 8 গ্রাম সালফার যুক্ত থাকে ; অর্থাৎ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত 1 গ্রাম সালফার যুক্ত হয়।

অতএব কার্বন এবং সালফার ওজন হিসাবে 0·375. : 1 অর্থাৎ 3 : 8 অনুপাতে অথবা এই অনুপাতের সরল গুণিতকে সংযুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করিলে ইহা মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করিবে।

কার্বন ডাই-সালফাইডে আমরা পাই, 1 গ্রাম কার্বন 5·333 গ্রাম সালফারের সহিত যুক্ত হয় ; অর্থাৎ ইহাতে কার্বন ও সালফার ওজন হিসাবে 1 : 5·333 বা 3 : 16 অনুপাতে তথা $3:8\times 2$ অনুপাতে যুক্ত থাকে। সুতরাং ইহা মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করে।

১৪। মিথেনে 75% কার্বন ও 75 হাইড্রোজেন, কার্বন মনোক্সাইডে 42·86% কার্বন ও 57·14% অক্সিজেন এবং জলে 11·11% হাইড্রোজেন ও 88·89% অক্সিজেন আছে। দেখাও যে ইহা মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করে।

উত্তর : মিথেনে 75 গ্রাম কার্বন 25 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত থাকে। $\therefore$ 1 গ্রাম কার্বন $\frac{25}{75}=0·333$ গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

কার্বন মনোক্সাইডে 42·86 গ্রাম কার্বন 57·14 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে। $\therefore$ 1 গ্রাম কার্বন$\frac{57·14}{42·86}=1·33$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

অতএব, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন ওজন হিসাবে পরস্পর 0·333 : 1·33 অর্থাৎ 1 : 4 অনুপাত অথবা এই অনুপাতের সরল গুণিতকে সংযুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করিলে ইহা মিথোনুপাত সূত্রকে সমর্থন করিবে।

আমরা পাই, জলে 11·11 গ্রাম হাইড্রোজেন 88·19 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে। $\therefore$ 1 গ্রাম হাইড্রোজেন $\frac{88 \cdot 89}{11 \cdot 11} = 8$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

অতএব জল গঠনকালে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন ওজন হিসাবে 1 : 8 অনুপাতে অর্থাৎ 1 : 4 × 2 অনুপাতে যুক্ত থাকে। সুতরাং এই তথ্য মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করে।

অনুশীলনী—১

১। একটি পরীক্ষায় 3·18 গ্রাম ধাতব কপারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে বিক্রিয়ার পর উত্তপ্ত করিলে 3·98 গ্রাম কপার অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অন্য একটি পরীক্ষায় 1·06 গ্রাম উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিলে 0·847 গ্রাম ধাতব কপার পাওয়া যায়। এই তথ্যগুলি কি স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে ?

২। তিনটি বিভিন্ন পদ্ধতিতে উৎপন্ন সোডিয়াম ক্লোরাইডের ($NaCl$) বিশ্লেষণে নিম্নলিখিত ফল পাওয়া যায় : (i) 3·2 গ্রাম $NaCl$ 1·94 গ্রাম ক্লোরিন, (ii) 10·8 গ্রাম $NaCl$ 6·56 গ্রাম ক্লোরিন এবং (iii) 5·3 গ্রাম $NaCl$ 3·216 গ্রাম ক্লোরিন দেয়। দেখাও যে এই তথ্য স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

৩। কপার দুইটি অক্সাইড গঠন করে। ওজন হিসাবে উহাদের একটিতে 20·12% এবং অপরটিতে 11·19% অক্সিজেন আছে। দেখাও যে ইহা গুণানুপাত সূত্রের সমর্থক।

৪। ফসফরাসের দুইটি ক্লোরাইডে যথাক্রমে 77·45% এবং 85·11% ক্লোরিন থাকিলে ইহা কোন্ রাসায়নিক সূত্রের উদাহরণ নির্দেশ করে ? উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দেখাও।

৫। দেখাও যে, নিম্নলিখিত পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি প্রত্যেক ক্ষেত্রে গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে :—

(ক) লেডের তিনটি বিভিন্ন অক্সাইডে যথাক্রমে 7·17%, 9·35% এবং 13·38% লেড থাকে।

(খ) আয়রণ ও ক্লোরিনের দুইটি যৌগের একটিতে 5·284 গ্রাম আয়রণের সহিত 6·699 গ্রাম ক্লোরিন এবং অপরটিতে 6·172 গ্রাম আয়রণের সহিত 11·89 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত আছে।

(গ) A ও B দুইটি মৌলের বিভিন্ন যৌগে যথাক্রমে 25%, 14·28% এবং 7·7% B থাকে।

৬। কোন ধাতুর তিনটি অক্সাইড 'a', 'b' এবং 'c' হাইড্রোজেন প্রবাহে স্থির ওজন না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া প্রত্যেক ক্ষেত্রে জল সংগৃহীত করিয়া ওজন করা হইল। প্রাপ্ত ফলাফল হইতে দেখা গেল 'a', 'b' এবং 'c' হইতে যথাক্রমে 8·07%, 11·68% এবং 15·05% জল উৎপন্ন হয়। দেখাও যে এই তথ্যগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে ?

৭। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে যে দুইটি বিভিন্ন যৌগ গঠিত হয় উহাতে যথাক্রমে 11·1% এবং 5·883% হাইড্রোজেন থাকে। ইহা কি স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে ?

৮। ফসফিন যৌগে 91·1% ফসফরাস ও 8·9% হাইড্রোজেন, জলে 88·8% অক্সিজেন ও 11·2% হাইড্রোজেন এবং ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডে 56·4% ফসফরাস ও 43·6% অক্সিজেন আছে। ইহা যে মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করে প্রমাণ কর।

———

প্রশ্ন : ১৬। অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। এখন ইহাকে সূত্র বলা হয় কেন?

উত্তর : নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে সম-আয়তনের সকল গ্যাসের (মৌলিক বা যৌগিক) মধ্যে সমান সংখ্যক অণু থাকে ; অর্থাৎ সমান অবস্থায় নির্দিষ্ট আয়তনের যে-কোন গ্যাসে অণুর সংখ্যা এক থাকে। **ইহাই অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প।** এই প্রকল্প অনুসারে, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে 1 সি. সি. হাইড্রোজেনে n-সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু থাকিলে ঐ উষ্ণতায় ও চাপে 1 সি. সি. অক্সিজেন, ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া, কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি প্রত্যেক গ্যাসে n-সংখ্যক সেই গ্যাসের অণু থাকিবে। আবার একই উষ্ণতা ও চাপে উপরোক্ত 2 সি.সি. প্রত্যেকটি গ্যাসে 2n-সংখ্যক সেই গ্যাসের অণু থাকিবে।

সাধারণভাবে কোন বৈজ্ঞানিক ঘটনা যথাযথ ব্যাখ্যা করিতে বিজ্ঞানীরা যে প্রাথমিক ধারণা বা মতবাদ ব্যক্ত করেন তাহাকে প্রকল্প বলা হয়। এই প্রকল্প বিভিন্ন পরীক্ষার দ্বারা সত্য বলিয়া প্রমাণিত হইলে উহা সূত্র হিসাবে গণ্য হয়। অ্যাভোগ্যাড্রো সর্বপ্রথম গ্যাসীয় পদার্থে ক্ষুদ্রতম কণা অণুর অস্তিত্ব কল্পনা করিয়া গ্যাসের আয়তন ও অণু-সংখ্যার মধ্যে সরল সম্পর্ক স্থাপন করেন ; ইহাই অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প নামে খ্যাত। প্রত্যক্ষ পরীক্ষার সাহায্যে এই প্রকল্প প্রমাণিত হয় নাই। কিন্তু এই প্রকল্পের প্রয়োগে প্রাপ্ত প্রত্যেকটির সিদ্ধান্তের সত্যতা বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হইয়াছে, কোন সিদ্ধান্তই পরীক্ষালব্ধ ফলের বিরুদ্ধে যাই নাই। তদুপরি বিভিন্ন বৈজ্ঞানিক পদ্ধতিতে অণুর অস্তিত্ব প্রমাণিত হওয়ায় বর্তমানে এই প্রকল্পকে অ্যাভোগ্যাড্রো সূত্রও বলা হয়।

প্রশ্ন : ১৭। কি কি কারণে অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প গ্রহণ করা হইয়াছে? অথবা, **অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প কিভাবে ডালটনের পরমানুবাদ এবং গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের মধ্যে সামঞ্জস্য বিধান করিয়াছে তাহা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে যৌগ গঠনে বিভিন্ন মৌলের পরমাণু সরল অনুপাতে যুক্ত হয়। আবার গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রানুযায়ী বিভিন্ন গ্যাস উহাদের আয়তনের সরল অনুপাতে মিলিত হয়। সুতরাং ক্রিয়াশীল গ্যাসের আয়তন ও পরমাণু-সংখ্যার মধ্যে সম্পর্ক থাকা স্বাভাবিক। এই উদ্দেশ্যে বার্জেলিয়াস পরমাণুবাদের সাহায্যে গ্যাসায়তন সূত্রটি ব্যাখ্যা করিবার জন্য সিদ্ধান্ত করেন যে 'নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে সম-আয়তন সকল গ্যাসের মধ্যে সমান সংখ্যক পরমাণু থাকে।' ইহাকে বার্জেলিয়াসের প্রকল্প বলে। কিন্তু এই প্রকল্পের সাহায্যে পরীক্ষা-

লব্ধ ফল ব্যাখ্যা করিতে গেলে ডালটনের পরমাণুবাদের মূল কথা—পরমাণু যে অবিভাজ্য, ইহার বিরুদ্ধে যায়। যেমন পরীক্ষা দ্বারা পাই, এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিন যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। এখন এক আয়তন যে-কোন গ্যাসে n-সংখ্যক পরমাণু থাকিলে বার্জেলিয়াসের প্রকল্প অনুযায়ী,

n পরমাণু হাইড্রোজেন + n পরমাণু ক্লোরিন = 2n পরমাণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড,
∴ 1 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু ক্লোরিন = 2 পরমাণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড,
অর্থাৎ $\frac{1}{2}$ পরমাণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ পরমাণু ক্লোরিন = 1 পরমাণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

সুতরাং দেখা যায়, একটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পরমাণু অর্ধ-পরমাণু হাইড্রোজেন ও অর্ধ-পরমাণু ক্লোরিন দ্বারা গঠিত। ইহা ডালটনের পরমাণুবাদের পরিপন্থী ; কারণ পরমাণু অবিভাজ্য। অতএব বার্জেলিয়াসের প্রকল্প নির্ভুল নয় ; ইহা ডালটনের পরমাণুবাদ ও গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের মধ্যে সামঞ্জস্য বিধানে অসমর্থ। অতঃপর অ্যাভোগ্যাড্রো পদার্থের ভিতর অণু ও পরমাণু নামক দুই প্রকার ক্ষুদ্র কণার অস্তিত্ব কল্পনা করিয়া ডালটনের পরমাণুবাদ ও গ্যাসায়তন সূত্রের মধ্যে সামঞ্জস্য বিধান করিলেন। তাঁহার মতে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণের সময় মৌলিক পদার্থ যে ক্ষুদ্রতম কণায় বিভক্ত হয় তাহাই পরমাণু ; অন্যথায় মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ মুক্ত অবস্থায় স্বাধীনভাবে যে ক্ষুদ্রতম কণারূপে থাকিয়া পদার্থের মূল ধর্ম বজায় রাখে তাহাই অণু। পরমাণু অবিভাজ্য, কিন্তু দুই বা ততোধিক পরমাণু মিলিয়া একটি অণু গঠিত হয়। সুতরাং সাধারণ অবস্থায় গ্যাসের স্বাধীন সত্ত্বাবিশিষ্ট ক্ষুদ্রতম কণা অণু, পরমাণু নয় ; এই অণুর সহিত গ্যাসের আয়তনের সম্পর্ক বিদ্যমান। এইরূপে অ্যাভোগ্যাড্রো সর্বপ্রথম পদার্থের মধ্যে অণুর অস্তিত্ব কল্পনা করিয়া বার্জেলিয়াসের প্রকল্প সংশোধন করেন এবং তাঁহার নূতন প্রকল্প প্রবর্তন করেন। যেমন 'নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে সম আয়তনের সকল গ্যাসের মধ্যে সমান সংখ্যক অণু থাকে।' ইহাই অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প। ইহার সাহায্যে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের সমর্থন পাওয়া যায়। যেমন, এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিনের সংযোগে দুই আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপাদনে এই প্রকল্পে সাহায্যে পাই, $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন = 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড। ইহা পরমাণুবাদের পরিপন্থী নয় কারণ এই সকল গ্যাসের অণুকে যুগ্ম সংখ্যক পরমাণু থাকে বলিয়া এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে এক পরমাণু হাইড্রোজেন ও এক পরমাণু ক্লোরিন বিদ্যমান থাকে। ইহাই অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের বিশেষত্ব।

প্রশ্ন : ১৮। রসায়নশাস্ত্রে অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের গুরুত্ব বর্ণনা কর। অথবা, অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের উপকারিতা ও প্রয়োগসমূহ লিখ।

উত্তর : অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প রসায়নে যুগান্তকারী পরিবর্তন আনয়ন করে। ইহার সাহায্যে রসায়ন চর্চার বিশেষ উন্নতি সাধিত হয়। পদার্থের অবিনাশিতা এবং ডালটনের পরমাণুবাদের মত অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পও রসায়নে এক গুরুত্বপূর্ণ স্থান

অধিকার করে। ইহা সর্বপ্রথম অণু ও পরমাণুর মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করিয়া উহাদের প্রকৃত ব্যাখ্যা দেয় এবং গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ব্যাখ্যা করে। উপরন্তু, অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প প্রয়োগে নিম্নলিখিত কতকগুলি গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়—(১) হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি মৌলিক গ্যাসের অণুগুলি দ্বি-পরমাণুক ; (২) পদার্থের আনবিক গুরুত্ব উহার গ্যাসীয় অবস্থার ঘনত্বের অর্থাৎ বাষ্প-ঘনত্বের দ্বিগুণ ; (৩) নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে সকল গ্যাসের গ্রাম-আনবিক আয়তন সমান এবং উহার পরিমাণ 22·4 লিটার। ইহা ছাড়া এই প্রকল্পের সাহায্যে (i) গ্যাসীয় যৌগের আয়তন সংযুতি হইতে উহার আণবিক সংকেত, এবং (ii) মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়।

প্রশ্ন : ১৯। অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের প্রধান সিদ্ধান্তগুলি কি কি ?

উত্তর : ১৮ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ২০। অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে কিরূপে (ক) গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ব্যাখ্যা করা যায় এবং (খ) ডালটনের পরমাণুবাদ সংশোধন করা যায় ।

উত্তর : (ক) মনে কর, A এবং B দুইটি মৌলিক গ্যাসের যথাক্রমে a এবং b সংখ্যক অণু পরস্পর মিলিয়া AB যৌগিক গ্যাসের c সংখ্যক অণু সৃষ্টি করে ; a, b ও c প্রত্যেকটি পূর্ণ-সংখ্যা এবং উহাদের মান ছোট ; অর্থাৎ $a.A+b.B=c.AB$. অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী, এক আয়তন যে কোন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু থাকিলে A গ্যাসের a অণুর আয়তন $\frac{a}{n}$, B গ্যাসের b অণুর আয়তন $\frac{b}{n}$ এবং AB গ্যাসের C অণুর আয়তন $\frac{c}{n}$; অর্থাৎ ক্রিয়াশীল মৌলিক গ্যাস A ও B এবং উৎপন্ন যৌগিক গ্যাস AB-এর আয়তনের অনুপাত—$\frac{a}{n} : \frac{b}{n} : \frac{c}{n} = a : b : c =$ সরল অনুপাত ; কারণ a, b, c প্রত্যেকটি ছোট পূর্ণ-সংখ্যা। **ইহাই গ্যাসায়তন সূত্র।**

(খ) অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের আলোতে ডালটনের পরমাণুবাদ সংশোধন করা যায়—(১) প্রত্যেক যৌগ এবং কতকগুলি মৌল স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট ক্ষুদ্রতম কণা অণু দ্বারা গঠিত ; ইহা অবিভাজ্য নয়। (২) মৌলের অণুগুলি এক বা একাধিক একই প্রকারের পরমাণু দ্বারা গঠিত। কিন্তু যৌগের অণুগুলি বিভিন্ন প্রকার মৌলের পরমাণু দ্বারা গঠিত। (৩) মৌল বা যৌগের প্রত্যেকটি অণুর ওজন, আকার ও ধর্ম এক ; কিন্তু বিভিন্ন মৌল বা যৌগের অণুগুলি ওজন, আকার ও ধর্মে সম্পূর্ণ ভিন্ন হয়। (৪) রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় ক্রিয়াশীল প্রত্যেক পদার্থের অণু প্রথমে ভাঙ্গিয়া পরমাণু সৃষ্টি করে ; এই পরমাণুগুলি পরস্পর নির্দিষ্ট সরল অনুপাতে যুক্ত হইয়া নূতন অণু গঠন করে।

প্রশ্ন : ২১। (ক) অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের প্রয়োগ দ্বারা প্রমাণ কর যে হাইড্রোজেন, ক্লোরিন ও অক্সিজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক ; অথবা

উহাদের আনবিক সংকেত যথাক্রমে H_2,Cl_2 ও O_2 (খ) হাইড্রোজেন অণুতে শুধুমাত্র দুইটি পরমাণুই বিদ্যমান ইহা কিভাবে প্রমাণ করিবে?

উত্তর : (ক) হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বি-পরমাণুক—পরীক্ষায় দেখা যায়, এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিন যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। মনে কর, এক আয়তন যে-কোন গ্যাসে n-সংখ্যক পরমাণু আছে। সুতরাং অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুসারে পাই,

n অণু হাইড্রোজেন + n অণু ক্লোরিন = 2n অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড,

∴ 1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিন = 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড,

অর্থাৎ $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন = 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

যেহেতু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন পরমাণুর সমন্বয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত, অতএব ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের প্রতি অণুতে কমপক্ষে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি ক্লোরিন পরমাণু থাকিবেই। এই এক পরমাণু হাইড্রোজেন $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন হইতে এবং এক পরমাণু ক্লোরিন $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন হইতে অবশ্য আসে। সুতরাং হাইড্রোজেনের অণুতে কিংবা ক্লোরিনের অণুতে দুইটি করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণু বা ক্লোরিন পরমাণু আছে। অর্থাৎ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বি-পরমাণুক এবং উহাদের সংকেত যথাক্রমে H_2 ও Cl_2.

অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক : পরীক্ষায় দেখা যায়, দুই আয়তন হাইড্রোজেনের সঙ্গে এক আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হইয়া দুই আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী এক আয়তন যে-কোন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু থাকিলে আমরা পাই,

2n অণু হাইড্রোজেন + n অণু অক্সিজেন = 2n অণু জলীয় বাষ্প,

∴ 2 অণু হাইড্রোজেন + 1অণু অক্সিজেন = 2 অণু জলীয় বাষ্প।

যেহেতু ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে এক অণু জলীয় বাষ্পে একটি অক্সিজেন পরমাণু থাকিবেই ; সুতরাং দুইটি জলীয় বাষ্পের অণুতে দুইটি অক্সিজেন পরমাণু থাকে এবং উহা একটি অক্সিজেন অণু হইতে আসে। আবার জলীয় বাষ্পের অণুস্থিত অক্সিজেন মাত্র এক দফায় ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হওয়ায় উহার অণুতে একটি অক্সিজেন পরমাণু থাকে প্রমাণিত হয়। অতএব অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক এবং ইহার আণবিক সংকেত O_2.

(খ) আমরা পাই, $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন মিলিয়া একটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তথা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণু গঠন করে। যেহেতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত, অতএব পরমাণুবাদ অনুসারে উহার অণুতে কমপক্ষে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি ক্লোরিন পরমাণু থাকিবে। আবার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটিমাত্র লবণ সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে ; অর্থাৎ উহার অণুস্থিত হাইড্রোজেনের মাত্র এক দফায় সোডিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। ইহা দ্বারা উক্ত অ্যাসিডের অণুতে

একটি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু আছে প্রমাণিত হয়। এই হাইড্রোজেন পরমাণুটি $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন হইতে অবশ্যই আসে। অতএব এক অণু হাইড্রোজেনে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুই বিদ্যমান অর্থাৎ হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক।

প্রশ্ন : ২২। (ক) গ্যাসের পরম ঘনত্ব ও আপেক্ষিক ঘনত্বের মধ্যে পার্থক্য কি ? (খ) প্রমাণ কর, যে-কোন গ্যাসের আণবিক ওজন উহার আপেক্ষিক বা বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ।

উত্তর : (ক) সাধারণতঃ কোন পদার্থের একক আয়তনে যে পরিমাণ ভর থাকে তাহাকে **ঘনত্ব** বা **পরম ঘনত্ব** বলে ; অর্থাৎ ঘনত্ব $(D) = \frac{\text{ভর }(W)}{\text{আয়তন }(V)}$. গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে এক সি. সি. বা কোন কোন সময়ে এক লিটারকে একক আয়তন ধরা হয়। সুতরাং 0°C উষ্ণতায় ও 760 মি. মি. চাপে 1 সি. সি. বা 1 লিটার যে কোন গ্যাসের ওজনকেই সেই গ্যাসের ঘনত্ব বা পরম ঘনত্ব বলে। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে গ্যাসের এরূপ ঘনত্বকে **প্রমাণ ঘনত্ব** বলা হয়। কোন গ্যাসের পরম ঘনত্ব প্রকাশ করিতে সর্বদাই উষ্ণতা ও চাপ উল্লেখ করিতে হয়।

গ্যাসের ওজন খুব কম বলিয়া ইহাদের ঘনত্ব আপেক্ষিক ঘনত্ব তথা বাষ্পীয় ঘনত্বরূপে প্রকাশ করা হয়। তবে ঘনত্ব বলিতে সাধারণভাবে এই আপেক্ষিক বা বাষ্পীয় ঘনত্বই বুঝায়। এইমতে সমান উষ্ণতায় ও চাপে যে কোন গ্যাসের ওজন সম-আয়তন সর্বাপেক্ষা হাল্কা মৌল হাইড্রোজেনের তুলনায় যত গুণ ভারী সেই সংখ্যাকে গ্যাসের **আপেক্ষিক বা বাষ্পীয় ঘনত্ব** বলে। ইহা একটি তুলনামূলক রাশি। অর্থাৎ

আপেক্ষিক বা বাষ্পীয় ঘনত্ব $= \frac{x \text{ সি. সি. কোন গ্যাসের ওজন}}{x \text{ সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন}}$। যেমন, কার্বন ডাই-অক্সাইডের আপেক্ষিক বা বাষ্পীয় ঘনত্ব 22 দ্বারা বুঝায় যে সমান উষ্ণতায় ও চাপে কার্বন ডাই-অক্সাইড সম-আয়তনের হাইড্রোজেন অপেক্ষা 22 গুণ ভারী।

(খ) কোন গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব বলিতে পদার্থটি একই উষ্ণতা ও চাপে উহার সম-আয়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা কতগুণ ভারী তাহাই বুঝায়। অতএব

$$\text{গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব, } D = \frac{x \text{ আয়তন গ্যাসের ওজন}}{x \text{ আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}}।$$

অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী এই উষ্ণতা ও চাপে x আয়তনের যে-কোন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু থাকিলে, গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব, $D = \frac{n \text{ অণু গ্যাসের ওজন}}{n \text{ অণু হাইড্রোজেনের ওজন}}$

$$= \frac{1 \text{ অণু গ্যাসের ওজন}}{1 \text{ অণু হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{1 \text{ অণু গ্যাসের ওজন}}{2 \text{ পরমাণু হাইড্রোজেনের ওজন}} \quad (\because \text{ হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পারমণুক })$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1 \text{ অণু গ্যাসের ওজন}}{1 \text{ পরমাণু হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{1}{2} \times \text{গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব।}$$

এখন, গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব M হইলে, $D=\frac{M}{2}$, অর্থাৎ M=2D. অর্থাৎ যে-কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব উহার গ্যাসীয় অবস্থার ঘনত্বের দ্বিগুণ।

প্রশ্ন : ২৩। অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে প্রমাণ কর যে কোন গ্যাসের বাষ্প ঘনত্ব 22·0 হইলে উহার আণবিক গুরুত্ব 44·0 হয়।

উত্তর : প্রথমে ২২ (খ) প্রশ্নোত্তর লিখ। পরে যোগ কর—

যেহেতু কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প-ঘনত্ব 22·0 এবং M=2D, অতএব কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব $=2\times 22{\cdot}0=44{\cdot}0$.

প্রশ্ন : ২৪। (ক) প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার—ইহা প্রমাণ কর। (খ) দেখাও যে নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-অণু যে-কোন গ্যাসের আয়তন একই থাকে।

উত্তর : (ক) কোন গ্যাসীয় মৌল বা যৌগের আণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করিলেই উহার গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক ওজন পাওয়া যায়।

পরীক্ষায় জানা যায়, প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে (N.T.P.) এক ঘন সেন্টিমিটার (সি. সি.) হাইড্রোজেনের ওজন=0·000089 গ্রাম ; অর্থাৎ এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন $=0{\cdot}000089\times 1000=0{\cdot}089$ গ্রাম।

আমরা জানি, গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব, $D=\frac{\text{1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$

$=\frac{\text{1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{0 089 গ্রাম}}$।

সুতরাং প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক লিটার গ্যাসের ওজন=গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব $\times 0{\cdot}089$ গ্রাম $=\frac{M}{2}\times 0{\cdot}089$ গ্রাম (যেহেতু অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী গ্যাসের আণবিক ওজন, M=2× বাষ্প-ঘনত্ব)।

অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে, $\frac{M}{2}\times 0{\cdot}089$ গ্রাম যে-কোন গ্যাসের আয়তন 1 লিটার ; অতএব M গ্রাম যে-কোন গ্যাসের আয়তন অর্থাৎ যে-কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন $=\frac{2}{0{\cdot}089}$ লিটার=22·4 লিটার।

(খ) প্রমাণ অবস্থায় যে-কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন 22·4 লিটার অর্থাৎ একই থাকে। যেহেতু সকল গ্যাসের উপর উষ্ণতা ও চাপের প্রভাব সমান অর্থাৎ গ্যাস সমীকরণের ফল একই থাকে, অতএব যে-কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম-অণু সকল গ্যাসের আয়তন একই হয়।

(খ অংশ পৃথকভাবে প্রমাণ করিতে হইলে প্রথমে ক অংশ প্রমাণ করিয়া লইবে)

প্রশ্ন : ২৫। টীকা লিখ :—(i) অণু ও পরমাণু ; (ii) মৌলিক অণু ও যৌগিক অণু ; (iii) আণবিক ওজন ও গ্রাম-আনবিক ওজন বা গ্রাম-অণু

বা মোল ; (*iv*) পারমাণবিক ওজন ও গ্রাম-পারমাণবিক ওজন ; (*v*) মোল ও মোলার আয়তন ; (*vi*) অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা।

উত্তর : (*i*) **অণু**—মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের যে সমধর্মী ক্ষুদ্রতম কণা মুক্ত অবস্থায় স্বাধীনভাবে থাকিয়া পদার্থের সকল ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বজায় রাখে তাহাকে **অণু** বলে। অণু বিভাজ্য বা অবিভাজ্য দুই-ই হইতে পারে।

পরমাণু—মৌলিক পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য কণা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তাহাকে **পরমাণু** বলে। পরমাণুর স্বাধীন সত্ত্বা না-ও থাকিতে পারে। দুই বা ততোধিক পরমাণু মিলিয়া অণু গঠিত হয়।

(ii) **মৌলিক অণু**—মৌলের ক্ষুদ্রতম অন্তিম কণাকে **মৌলিক অণু** বলে ; ইহা একই মৌলের একাধিক পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত হয়। H_2,O_2, N_2 প্রভৃতি হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতির দুই পরমাণুযুক্ত মৌলিক গ্যাসীয় অণু।

যৌগিক অণু—যৌগের ক্ষুদ্রতম অন্তিম কণাকে **যৌগিক অণু** বলে ; ইহা দুই বা ততোধিক বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত হয়। CO_2 যৌগিক অণু ; ইহাতে একটি কার্বন পরমাণু ও দুইটি অক্সিজেন পরমাণু আছে।

(*iii*) **আণবিক ওজন**—কোন পদার্থের (মৌল বা যৌগ) একটি অণুর ওজন একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় যতগুণ ভারী, সেই তুলনামূলক সংখ্যাটিকে পদার্থের **আণবিক ওজন** বা **গুরুত্ব** বলে। ইহা একটি সংখ্যা, ইহার কোন একক থাকে না। আবার কোন পদার্থের অণুতে অবস্থিত পরমাণুগুলির মোট ওজনকেও আণবিক ওজন বলা হয়।

$$\text{অতএব আণবিক ওজন} = \frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}।$$

ক্লোরিনের আণবিক ওজন = 71·0 ; ইহার অর্থ, একটি ক্লোরিন অণু একটি হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা 71·0 গুণ ভারী। আবার একটি ক্লোরিন অণুতে দুই পরমাণু ক্লোরিন থাকে ; সুতরাং ক্লোরিনের আণবিক ওজন = $35·5 \times 2 = 71·0$. একইভাবে, ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$)-এর আণবিক ওজন = $40 + 12 + 16 \times 3 = 100$.

বর্তমানে নূতন পদ্ধতিতে একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন 16·00 ধরা হয়। সেইমতে পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বলিতে উহার একটি অণু একটি অক্সিজেন পরমাণুর $\frac{1}{16}$ অংশ।

গ্রাম-আণবিক ওজন—(প্রথমে 'আণবিক ওজন'-এর সংজ্ঞা লিখিবে।) আণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশিত করিলে উহাকে **গ্রাম-আণবিক ওজন** বা **গ্রাম-অণু** বা **মোল** বলে। ইহা একটি ওজনের পরিমাণ নির্দেশ করে; সুতরাং ইহার একক থাকে এবং এই ওজনের একক গ্রামে প্রকাশ পায়। ক্লোরিনের গ্রাম-আণবিক ওজন বা এক গ্রাম-অণু = 71·0 গ্রাম এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেটের এক গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক ওজন = 100 গ্রাম।

(iv) **পারমাণবিক ওজন**—কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর ওজন একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় যতগুণ ভারী, সেই তুলনামূলক সংখ্যাটিকে মৌলের **পারমাণবিক ওজন** বা **গুরুত্ব** বলে। অতএব পারমাণবিক ওজন

$= \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$। ইহা দুইটি পরমাণুর ওজনের অনুপাত বলিয়া ইহাকে সংখ্যারূপে প্রকাশ করা হয়, ইহার কোন একক থাকে না।

ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন=35·5 ; ইহার অর্থ, একটি ক্লোরিন পরমাণু একটি হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা 35·5 গুণ ভারী। বর্তমানে নূতন পদ্ধতিতে একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন 16·00 একক ধরা হয়। সেইমতে কোন মৌলের একটি পরমাণু একটি অক্সিজেন পরমাণুর $\frac{1}{16}$ অংশ অপেক্ষা যতগুণ ভারী সেই তুলনামূলক সংখ্যাকে মৌলের পারমাণবিক ওজন বলে ; অর্থাৎ মৌলের পারমাণবিক ওজন

$= \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন}} \times 16.$ এই হিসাবে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1·008 এবং ক্লোরিনের 35·453 হয়। কারণ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের পরমাণু একটি অক্সিজেন পরমাণুর $\frac{1}{16}$ অংশ অপেক্ষা যথাক্রমে 1·008 এবং 35·453 গুণ ভারী।

গ্রাম-পারমাণবিক ওজন—(প্রথমে 'পারমাণবিক ওজন'-এর সংজ্ঞা লিখিবে।) পারমাণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশিত করিলে উহাকে **গ্রাম-পারমাণবিক ওজন** বা **গ্রাম-পরমাণু** বলে। ইহা একটি ওজনের পরিমাণ নির্দেশ করে বলিয়া ইহার একক থাকে এবং এই ওজনের একক গ্রামে প্রকাশ পায়। যেমন ক্লোরিনের এক গ্রাম-পরমাণু দ্বারা 35·5 গ্রাম ক্লোরিন বুঝায়।

(v) **মোল**—[(iii) অংশের উত্তরের গ্রাম-আণবিক ওজন দেখ]

মোলার আয়তন—নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম-অণু বা এক মোল পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন সমান হয় এবং উহা প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার আয়তন অধিকার করে। ইহাকে **মোলার আয়তন** বা **গ্রাম-আণবিক আয়তন** বলে। যে-কোন গ্যাসের মোলার আয়তনে $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক উক্ত গ্যাসের অণু থাকে। যেমন প্রমাণ উষ্ণতায় এক গ্রাম-অণু অর্থাৎ 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন 22·4 লিটার এবং ইহাতে $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক কার্বন ডাই-অক্সাইডের অণু আছে। এই সংখ্যাই অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা।

(vi) **অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা**—যে-কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের এক গ্রাম-অণু তথা এক মোলে যত সংখ্যক অণু বিদ্যমান তাহাকে **অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা** বলে। ইহা একটি নিত্য-সংখ্যা এবং ইহাকে N দ্বারা প্রকাশ করা হয়। বিজ্ঞানী মিলিকান N-এর মান $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ নির্ণয় করেন। অতএব 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড, 32 গ্রাম অক্সিজেন এবং 2 গ্রাম হাইড্রোজেনের প্রত্যেকটিতে $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

সংখ্যক অণু বিদ্যমান এবং উহাদের প্রত্যেকটির আয়তন প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার। অন্যভাবে, বিভিন্ন পদার্থের $6·023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অণুর ওজন উহাদের গ্রাম-অণুর সমান এবং পদার্থটি গ্যাসীয় হইলে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে উহা 22·4 লিটার আয়তন অধিকার করে। এই অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যার সাহায্যে যে-কোন মৌলের একটি পরমাণুর ওজন বা যে-কোন মৌল ও যৌগের একটি অণুর প্রকৃত ওজন নির্ণয় করা যায়।

প্রশ্ন : ২৬। (ক) অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা বলিতে কি বুঝায়? ইহার মান কত? (খ) দেখাও যে, অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যার মান কোন পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না, ইহা শুধু হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের উপর নির্ভর করে।

উত্তর : (ক) ২৫ (vi) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) আণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা হইতে পাই, পদার্থের একটি অণুর ওজন বা ভর = পদার্থের আণবিক গুরুত্ব × একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন বা ভর।

এখন কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব x এবং একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভর m গ্রাম হইলে ঐ পদার্থের একটি অণুর ওজন $= x \times m$ গ্রাম। কিন্তু পদার্থটির গ্রাম-আণবিক ওজন বা এক গ্রাম-অণু $= x$ গ্রাম।

সুতরাং x গ্রাম ওজনের উক্ত পদার্থে $\dfrac{x}{x \times m} = \dfrac{1}{\text{m}}$ সংখ্যক অণু বিদ্যমান থাকে।

কিন্তু যে-কোন পদার্থের এক গ্রাম-অণুতে যত সংখ্যক অণু থাকে তাহাই অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা। অতএব অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যার মান m-এর মানের উপর নির্ভরশীল। কিন্তু m একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন বা ভর নির্দেশ করে বলিয়া অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যার মান গ্রামে প্রকাশিত শুধুমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের উপর নির্ভর করে।

প্রশ্ন : ২৭। গ্রাম-আণবিক ওজন ও অণুর ওজনের মধ্যে কি পার্থক্য বিদ্যমান তাহা অক্সিজেনের ক্ষেত্রে ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : গ্রাম-আণবিক ওজন—২৫ (iii) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

অণুর ওজন বলিতে পদার্থের একটি অণুতে কতটুকু বস্তু আছে তাহা বুঝায়। অতএব কোন পদার্থের একটি অণুর ওজন বা ভর = পদার্থের আণবিক ওজন × হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন = পদার্থের আণবিক ওজন $\times 1·6\ 2 \times 10^{-24}$ গ্রাম। অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যার সাহায্যেও পদার্থের একটি অণুর ওজন নির্ণয় করা যায়। কারণ যে-কোন পদার্থের এক গ্রাম-অণুতে $6·23 \times 10^{23}$ সংখ্যক সেই পদার্থের অণু থাকে; অতএব পদার্থের একটি অণুর ওজন

$$= \frac{\text{পদার্থের এক গ্রাম-অণু}}{\text{অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা}} = \frac{\text{পদার্থের এক গ্রাম অণু}}{6·23 \times 10^{23}}$$

$$= \text{পদার্থের এক গ্রাম-অণু} \times 1·672 \times 10^{-24}.$$

অক্সিজেনের ক্ষেত্রে, উহার আণবিক গুরুত্ব বা ওজন = 32, কারণ একটি অক্সিজেন

অণু একটি হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা 32 গুণ ভারী। কিন্তু একটি অক্সিজেন অণুর ওজন$=32\times1\cdot672\times10^{-24}$ গ্রাম$=5\cdot350\times10^{-23}$ গ্রাম।

প্রশ্ন : ২৮। মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব কিভাবে অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প প্রয়োগে নির্ণয় করা যায় ? ইহার মূলনীতি উল্লেখ কর। এই পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা কি ?

উত্তর : নীতি—পরমাণু অবিভাজ্য বলিয়া কোন যৌগের অণুতে উহার মৌল উপাদানের প্রত্যেকটির কমপক্ষে একটি পরমাণু থাকিবেই। সুতরাং কোন মৌলের বিভিন্ন যৌগের আণবিক ওজনগুলির মধ্যে সেই মৌলের যে ক্ষুদ্রতম ওজন বর্তমান থাকে তাহাকে মৌলের পারমাণবিক ওজন বলা যায়। ইহা ক্যান্নিজারো পদ্ধতি নামে পরিচিত।

পদ্ধতি—(i) যে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিতে হইবে উহার কতকগুলি গ্যাসীয় যৌগ লওয়া হয়। (ii) পরীক্ষার সাহায্যে উপরোক্ত গ্যাসীয় যৌগসমূহের আপেক্ষিক ঘনত্ব নির্ণয় করা হয়। (iii) আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ করিলে যৌগগুলির আণবিক গুরুত্ব পাওয়া যায় ; ইহাকে গ্রামে প্রকাশ করিলেই উহাদের গ্রাম-আণবিক ওজন বা গ্রাম-অণু হয়। (iv) ঐ সমস্ত যৌগ বিশ্লেষণ করিয়া উহাদের প্রত্যেকটির গ্রাম-অণুতে উক্ত মৌলের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। এই ওজনগুলির মধ্যে সেই মৌলের সর্বনিম্ন ওজনই উহার গ্রাম-পারমাণবিক ওজন নির্দেশ করে এবং ইহা সংখ্যায় প্রকাশ করিলে সেই সংখ্যাটি মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব হিসাবে গণ্য হয়।

উদাহরণ—(১) অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন বা গুরুত্ব নিয়র্ণ :

অক্সিজেনের গ্যাসীয় যৌগ	বাষ্প-ঘনত্ব	আণবিক গুরুত্ব $=2\times$ ঘনত্ব	এক গ্রাম-অণুতে অক্সিজেনের পরিমাণ	অক্সিজেনের পাঃ গুরুত্ব
জলীয় বাষ্প	9	18	16 গ্রাম	
কার্বন মনোক্সাইড	14	28	16 ,,	
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	44	32 ,,	16
সালফার ডাই-অক্সাইড	32	64	32 ,,	
নাইট্রাস অক্সাইড	22	44	16 ,,	
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	16 ,,	

অক্সিজেনের গ্যাসীয় যৌগগুলির আণবিক গুরুত্বে 16 ভাগ বা ইহার সকল গুণিতকে অক্সিজেন আছে। সুতরাং ক্ষুদ্রতম ওজন 16-ই অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব।

(২) **কার্বনের পারমাণবিক ওজন বা গুরুত্ব নির্ণয়।**

কার্বনের গ্যাসীয় যৌগ	বাষ্প-ঘনত্ব	আণবিক গুরুত্ব =2× ঘনত্ব	এক গ্রাম-অণুতে কার্বনের পরিমাণ	কার্বনের পাঃ গুরুত্ব
কার্বন মনোক্সাইড	14	28	12 গ্রাম	
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	44	12 ,,	
মিথেন	8	16	12 ,,	12
ইথেন	15	30	24 ,,	
অ্যাসিটিলিন	13	26	24 ,,	
বেঞ্জিন	39	78	72 ,,	

অতএব কার্বনের গ্যাসীয় যৌগগুলির আণবিক গুরুত্বে 12 ভাগ বা ইহার কোন সরল গুণিতকে কার্বন আছে। সুতরাং ক্ষুদ্রতম 12 ওজনই কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব।

[**দ্রষ্টব্য**—এই পদ্ধতিতে কঠিন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ধারণে কার্বন কিন্তু গ্যাসীয় মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ধারণে অক্সিজেনের উদাহরণ লিখিবে ; কোন উল্লেখ না থাকিলে যে কোন একটি উদাহরণ দিবে।]

সীমাবদ্ধতা—এই পদ্ধতিতে শুধুমাত্র সেই সকল মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন নির্ধারণ সম্ভব যাহারা একাধিক গ্যাসীয় যৌগ গঠন করিতে পারে। মৌলিক পদার্থ ধাতুসমূহ গ্যাসীয় যৌগ উৎপন্ন করিতে পারে না বলিয়া এই পদ্ধতিতে ধাতুর পারমাণবিক ওজন নির্ধারণ করা যায় না। ইহা ছাড়া, পরীক্ষণীয় মৌলের বেশ কয়েকটি যৌগের সন্ধান জানা না থাকিলে এই পদ্ধতিতে নির্ধারিত ওজন নির্ভুল নাও হইতে পারে।

প্রশ্ন ঃ ২৯। প্রদত্ত পরীক্ষা-লব্ধ ফল হইতে উল্লিখিত গ্যাসগুলির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর ঃ—(ক) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে সম-আয়তন অক্সিজেন থাকে এবং ইহার বাষ্প-ঘনত্ব 22. (খ) দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেন মিলিয়া দুই আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে ; জলীয় বাষ্পের বাষ্প ঘনত্ব 9.

উত্তর ঃ (ক) এক আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইডে এক আয়তন অক্সিজেন আছে। অ্যাভাগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী এক আয়তন যে-কোন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু থাকিলে আমরা পাই, n অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে n অণু অক্সিজেন বিদ্যমান। অতএব এক অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে এক অণু অর্থাৎ দুই পরমাণু অক্সিজেন আছে (∵ অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)। সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত $=C_xO_2$, এবং ইহার আণবিক ওজন $=12x+16\times2=12x+32$, এখানে $x=$ কার্বনের পরমাণু-সংখ্যা।

যেহেতু কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প-ঘনত্ব 22, অতএব অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুসারে উহার আণবিক ওজন $=2\times22=44$. অতএব $12x+32=44$, অর্থাৎ $x=1$.

সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত $=CO_2$.

(খ) দুই আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দুই আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী সমান উষ্ণতায় ও চাপে এক আয়তন যে-কোন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু থাকিলে, আমরা পাই

2n অণু হাইড্রোজেন + n অণু অক্সিজেন = 2n অণু জলীয় বাষ্প,

অথবা, 2 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু অক্সিজেন = 2 অণু জলীয় বাষ্প,

∴ 1 অণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন = 1 অণু জলীয় বাষ্প।

যেহেতু অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুসারে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন অণু উভয়ই দ্বি-পরমাণুক ; অতএব 2 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু অক্সিজেন = 1 অণু জলীয় বাষ্প ; অর্থাৎ এক অণু জলীয় বাষ্পের ভিতর দুই পরমাণু হাইড্রোজেন ও এক পরমাণু অক্সিজেন আছে। সুতরাং জলীয় বাষ্পের স্থূল সংকেত $=H_2O$.

মনে কর, ইহার আণবিক সংকেত $=(H_2O)_x$, এখানে x একটি পূর্ণ-সংখ্যা। অতএব জলীয় বাষ্পের আণবিক ওজন $=(2+16)x=18x$. যেহেতু জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব $=9$; অতএব অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী উহার আণবিক ওজন $=2\times9=18$. অতএব $18x=18$, অর্থাৎ $x=1$.

সুতরাং জলীয় বাষ্পের আণবিক সংকেত $=H_2O$.

প্রশ্ন : ৩০। অক্সিজেনের (i) গ্রাম-আণবিক ওজন এবং (ii) গ্রাম আণবিক আয়তন বলিতে কি বুঝায়? উহাদের মান লিখ।

উত্তর : (i) [প্রথমে ২৭ (iii)নং প্রশ্নোত্তর অনুযায়ী গ্রাম-আণবিক ওজনের সংজ্ঞা লিখ] যেহেতু অক্সিজেনের আণবিক ওজন 32, অতএব ইহার গ্রাম-আণবিক ওজন 32 গ্রাম।

(ii) ২৫ (v) নং প্রশ্নোত্তরের মোলার আয়তন দেখ। পরে লিখ—

অতএব প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-অণু অর্থাৎ 32 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন 22·4 লিটার। কিন্তু বিভিন্ন উষ্ণতা ও চাপে ইহার আয়তন বিভিন্ন হয়। যদিও যে-কোন উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-আণবিক আয়তনের মধ্যে $6{\cdot}023\times10^{23}$ সংখ্যক অক্সিজেন অণু থাকে।

গাণিতিক উদাহরণ

১। 250 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেটে উহার কয়টি গ্রাম-অণু বা মোল আছে?

উত্তর : ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$)-এর গ্রাম-আণবিক ওজন $=40+12+16\times3=100$ গ্রাম।

$$\therefore \text{গ্রাম-অণু বা মোল সংখ্যা} = \frac{CaCO_3\text{-এর ওজন}}{\text{উহার গ্রাম-আণবিক ওজন}} = \frac{250}{100} = 2{\cdot}5.$$

২। 1·2 গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ওজন কত ?

উত্তর ঃ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl)-এর গ্রাম-আণবিক ওজন $=14+4+35·5=53·5$ গ্রাম। অতএব 1·2 গ্রাম-অণু $NH_4Cl=53·5\times1·2=64·2$ গ্রাম NH_4Cl.

৩। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 5 লিটার কার্বন-ডাই-অক্সাইডের ওজন কত ?

উত্তর ঃ কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)-এর গ্রাম-আণবিক ওজন $=12+16\times2=44$ গ্রাম। যেহেতু প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে গ্রাম-আণবিক ওজনের যে-কোন গ্যাসের আয়তন $=22·4$ লিটার ; অতএব 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $=44$ গ্রাম। সুতরাং, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 5 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $=\frac{44\times5}{22·4}=9·821$ গ্রাম।

৪। ক্লোরিনের আপেক্ষিক ঘনত্ব 35·5 হইলে 27°C উষ্ণতায় এবং 740 মি. মি. চাপে 37·5 সি. সি. ক্লোরিনের ওজন কত ?

উত্তর ঃ ক্লোরিনের গ্রাম-আণবিক ওজন $=35·5\times2=71·0$ গ্রাম। অতএব, প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 71·0 গ্রাম ক্লোরিনের আয়তন $=22·4$ লিটার।

প্রমাণ অবস্থায় ক্লোরিনের আয়তন V সি. সি. হইলে, বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুযায়ী পাই,

$\frac{760\times V}{273+0}=\frac{740\times37·5}{273+27}$; অথবা, $V=\frac{740\times37·5\times273}{300\times760}=33·23$ সি. সি. $=0·03323$ লিটার।

অতএব 0·03323 লিটার ক্লোরিনের ওজন $=\frac{71\times0·03323}{22·4}=0·1053$ গ্রাম।

৫। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 4 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে ?

উত্তর ঃ অক্সিজেন (O_2)-এর গ্রাম-আণবিক ওজন $=32$ গ্রাম। অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 32 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন $=22·4$ লিটার। সুতরাং প্রমাণ অবস্থায় 4 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন $=\frac{22·4\times4}{32}=2·80$ লিটার।

৬। প্রমাণ অবস্থায় 190·4 সি. সি. শুষ্ক গ্যাসের ওজন 0·34 গ্রাম হইলে উহার আণবিক ওজন কত ?

উত্তর ঃ 190·4 সি. সি. $=190·4\div1000$ লিটার $=0·1904$ লিটার।

প্রমাণ অবস্থায় 0·1904 লিটার গ্যাসের ওজন $=0·34$ গ্রাম ; অতএব প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার গ্যাসের ওজন $=\frac{0·34\times22·4}{0·1904}=40$ গ্রাম।

যেহেতু প্রমাণ অবস্থায় গ্রাম-আণবিক ওজনের যে-কোন গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার ; সুতরাং গ্যাসের আণবিক ওজন $=40$.

৭। একটি পদার্থের 0·1022 গ্রাম বাষ্পীভূত করিলে 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে উহার আয়তন 55·5 সি. সি. হয়। পদার্থটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর।

উত্তর : প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসের আয়তন V সি. সি. হইলে, বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুযায়ী পাই, $\frac{760 \times V}{273+0} = \frac{750 \times 55{\cdot}5}{273+27}$

অথবা, $V = \frac{750 \times 55{\cdot}5 \times 273}{300 \times 760} = 49{\cdot}85$ সি. সি. $= 0{\cdot}04985$ লিটার।

অতএব প্রমাণ অবস্থায় 0·04985 লিটার গ্যাসের ওজন 0·1022 গ্রাম হইলে, 22·4 লিটার গ্যাসের ওজন $= \frac{0{\cdot}1022 \times 22{\cdot}4}{0{\cdot}04985} = 45{\cdot}92$ গ্রাম।

সুতরাং পদার্থটির আণবিক ওজন = 45·92.

৮। 0·146 গ্রাম একটি উদ্বায়ী তরল বাষ্পীভূত করিলে 22°C উষ্ণতায় এবং 735 মি. মি. চাপে উহা 30·5 সি. সি. আয়তন অধিকার করে। তরল পদার্থের আণবিক ওজন কত ?

উত্তর : প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসের আয়তন V সি. সি. হইলে, বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুযায়ী পাই, $\frac{760 \times V}{273+0} = \frac{735 \times 30{\cdot}5}{273+22}$

অথবা, $V = \frac{735 \times 30{\cdot}5 \times 273}{295 \times 760} = 27{\cdot}30$ সি. সি. $= 0{\cdot}0273$ লিটার।

অতএব প্রমাণ অবস্থায় 0·0273 লিটার গ্যাসের ওজন 0·146 গ্রাম হইলে 22·4 লিটার গ্যাসের ওজন $= \frac{0{\cdot}146 \times 22{\cdot}4}{0{\cdot}0273} = 119{\cdot}8$ গ্রাম।

সুতরাং তরল পদার্থটির আণবিক ওজন = 119·8.

৯। 20°C উষ্ণতায় এবং 755 মি. মি. চাপে কোন গ্যাসের 157·5 সি. সি.-এর ওজন কত ? গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব 120 এবং 20°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 17·4 মি. মি.।

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসের আয়তন V সি. সি. হইলে, আমরা পাই,

$\frac{760 \times V}{273} = \frac{(755 - 17{\cdot}4) \times 157{\cdot}5}{273+20}$; অথবা $V = \frac{737{\cdot}6 \times 157{\cdot}5 \times 273}{293 \times 760}$

$= 142{\cdot}4$ সি. সি. $= 0{\cdot}1424$ লিটার।

যেহেতু প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার গ্যাসের ওজন = 120 গ্রাম ; অতএব প্রমাণ অবস্থায় 0·1424 লিটার গ্যাসের ওজন $= \frac{120 \times 0{\cdot}1424}{22{\cdot}4} = 0{\cdot}7633$ গ্রাম।

১০। 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 0·393 গ্রাম কোন গ্যাসের আয়তন 222·7 সি. সি. হয়। গ্যাসটির আপেক্ষিক ঘনত্ব এবং আণবিক গুরুত্ব গণনা কর।

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসটির আয়তন V সি.সি. হইলে, বয়েল ও চার্লসের সূত্রানুসারে পাই, $\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 222 \cdot 7}{273+27}$; অথবা $V = \frac{750 \times 222 \cdot 7 \times 273}{300 \times 760}$ $= 200 \cdot 1$ সি সি. $= 0 \cdot 2001$ লিটার।

যেহেতু প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার যে কোন গ্যাসের ওজন = গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব × 0·089 গ্রাম ; অতএব 0·2001 লিটার গ্যাসটির ওজন = D × 0·089 × 0·2001 গ্রাম। কিন্তু আমরা পাই, 0·2001 লিটার গ্যাসের ওজন = 0·393 গ্রাম। অতএব

$$D \times 0 \cdot 089 \times 0 \cdot 2001 = 0 \cdot 393 \text{ ; অথবা, } D = \frac{0 \cdot 393}{0 \cdot 089 \times 0 \cdot 2001} = 22 \cdot 07.$$

সুতরাং গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব = 2 × আপেক্ষিক ঘনত্ব = 2 × 22·07 = 44·14.

১১। প্রমাণ অবস্থায় ক্লোরিনের ঘনত্ব লিটার প্রতি 3·22 গ্রাম হইলে 100 সি. সি. ফ্লাস্কের ভিতর 24°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে কি পরিমাণ ক্লোরিন থাকিবে।

উত্তর : 24°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে ক্লোরিনের আয়তন V হইলে, আমরা পাই, $\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 100}{273+24}$; অথবা $V = \frac{750 \times 100 \times 273}{297 \times 760} = 90 \cdot 61$ সি.সি. $= 0 \cdot 09061$ লিটার।

যেহেতু প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার ক্লোরিনের ওজন 3·22 গ্রাম, অতএব 0·09061 ক্লোরিনের ওজন = 3·22 × 0·09061 = 2·918 গ্রাম।

১২। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 লিটার অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা কত ? একটি অক্সিজেন অণুর ওজন গ্রামে প্রকাশ কর।

উত্তর : আমরা জানি, প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার যে-কোন গ্যাসে $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অণু থাকে। অতএব 1 লিটার অক্সিজেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা $= \frac{6 \cdot 023 \times 10^{23}}{22 \cdot 4} = 2 \cdot 689 \times 10^{22}$.

আবার, এক গ্রাম-অণু যে-কোন গ্যাসে $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অণু থাকে। অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব 32 ; অতএব ইহার এক গ্রাম-অণু = 32 গ্রাম। অর্থাৎ $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অক্সিজেন অণুর ওজন = 32 গ্রাম।

সুতরাং একটি অক্সিজেন অণুর ওজন $= \frac{32}{6 \cdot 023 \times 10^{23}} = 5 \cdot 313 \times 10^{-23}$ গ্রাম।

১৩। (i) 0·04 গ্রাম ওজনের এক বিন্দু জলে অণুর সংখ্যা গণনা কর। (ii) N. T. P.-তে 0·25 গ্রাম-অণু ক্লোরিন গ্যাসের আয়তন কত ?

উত্তর : (i) জলের এক গ্রাম-অণুর ওজন = 18 গ্রাম। যেহেতু এক গ্রাম-অণু অর্থাৎ 18 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ থাকে ; অতএব 0·04 গ্রাম ওজন বিশিষ্ট এক বিন্দু জলে অণুর সংখ্যা $= \frac{6 \cdot 023 \times 10^{23} \times 0 \cdot 04}{18} = 1 \cdot 338 \times 10^{21}$.

(ii) প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু যে-কোন গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার।

সুতরাং প্রমাণ অবস্থায় 0·25 গ্রাম-অণু ক্লোরিনের আয়তন $= 22{\cdot}4 \times 0{\cdot}25 = 5{\cdot}6$ লিটার।

১৪। নাইট্রোজেনের চারিটি উদ্বায়ী যৌগের মধ্যে নাইট্রোজেনের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 82·3, 63·6, 46·6 এবং 30·4. উহাদের আপেক্ষিক ঘনত্ব যথাক্রমে 8·5, 22·0, 15·0 এবং 46·0 হইলে নাইট্রোজেনের সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন কত ?

উত্তর : প্রথম যৌগের আণবিক ওজন $= 2 \times$ আপেক্ষিক ঘনত্ব $= 2 \times 8{\cdot}5 = 17$. যেহেতু 100 ভাগ যৌগের ওজনের মধ্যে নাইট্রোজেনের ওজন $= 82{\cdot}3$ ভাগ ; অতএব 17 ভাগ ওজনের মধ্যে নাইট্রোজেনের পরিমাণ $= \frac{82{\cdot}3 \times 17}{100} = 13{\cdot}99$ ভাগ।

দ্বিতীয় যৌগের আণবিক ওজন $= 2 \times$ আপেক্ষিক ঘনত্ব $= 2 \times 22{\cdot}0 = 44$. যেহেতু 100 ভাগ যৌগের ওজনের মধ্যে নাইট্রোজেনের ওজন $= 63\ 6$ ভাগ ; অতএব 44 ভাগ ওজনের মধ্যে নাইট্রোজেনের পরিমাণ $= \frac{63{\cdot}6 \times 44}{100} = 27{\cdot}98$ ভাগ।

একইরূপে, তৃতীয় যৌগের আণবিক ওজন $= 2 \times 15{\cdot}0 = 30$ এবং 30 ভাগ যৌগের ওজনের মধ্যে নাইট্রোজেনের পরিমাণ $= \frac{46{\cdot}6 \times 30}{100} = 13{\cdot}98$ ভাগ।

সেইমতে, চতুর্থ যৌগের আণবিক ওজন $= 2 \times 46{\cdot}0 = 92$ এবং 92 ভাগ যৌগের ওজনের মধ্যে নাইট্রোজেনের পরিমাণ $= \frac{30{\cdot}4 \times 92}{100} = 27{\cdot}97$ ভাগ।

সুতরাং উপরোক্ত নাইট্রোজেন যৌগগুলির গ্রাম-আণবিক ওজনের মধ্যে নাইট্রোজেনের পরিমাণ যথাক্রমে 13·99, 27·98, 13·98 এবং 27·97 গ্রাম অর্থাৎ 14, 14×2, 14 ও 14×2 (আসন্ন মানে)। এখন 14 গ্রাম ওজনই ইহাদের মধ্যে সর্বনিম্ন ওজন।

সুতরাং নাইট্রোজেনের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $= 14$.

১৫। ফসফরাসের ট্রাই-অক্সাইড, ট্রাই-ক্লোরাইড, পেন্টা-ক্লোরাইড, অক্সি-ক্লোরাইড ও পেন্টা-সালফাইডের বাষ্প-ঘনত্ব যথাক্রমে 110, 70, 63, 77 এবং 111 ; উক্ত যৌগগুলির বিশ্লেষণে ফসফরাসের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 56·4, 24·5, 24·6, 20·2 এবং 27·9 পাওয়া যায়। উপরোক্ত সমীক্ষা হইতে ফসফরাসের আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

উত্তর : আমরা জানি, আনবিক গুরুত্ব $= 2 \times$ বাষ্প-ঘনত্ব। অতএব ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড, ট্রাই-ক্লোরাইড, পেন্টা-ক্লোরাইড, অক্সি-ক্লোরাইড ও পেন্টা-সালফাইডের আনবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 110×2, 70×2, 63×2, 77×2 এবং 111×2 অর্থাৎ 220, 140, 126, 154 এবং 222.

এখন উপরোক্ত যৌগগুলির একটি অণুতে ফসফরাসের পরিমাণ যথাক্রমে $\frac{56{\cdot}4 \times 220}{100}$, $\frac{22{\cdot}5 \times 140}{100}$, $\frac{24{\cdot}6 \times 126}{100}$, $\frac{20{\cdot}2 \times 154}{100}$ এবং $\frac{27{\cdot}9 \times 222}{100}$, অর্থাৎ

124·10, 31·50, 31·00, 31·11 এবং 61·94. অতএব যৌগগুলির একটি অণুতে ফসফরাসের সর্বনিম্ন ওজন = 31·00.

সুতরাং ফসফরাসের পারমাণবিক গুরুত্ব = 31·00.

১৬। একটি মৌলের চারিটি বিভিন্ন যৌগে যথাক্রমে 42·8%, 27·3%, 80·0% এবং 64·90% মৌল বর্তমান। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উপরোক্ত যৌগগুলির গ্যাসীয় অবস্থায় প্রত্যেকটির এক লিটারের ওজন যথাক্রমে 1·26, 1·96, 1·35 এবং 3·35 গ্রাম। উক্ত মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·089 গ্রাম বলিয়া যৌগসমূহের আপেক্ষিক তথা বাষ্প ঘনত্ব যথাক্রমে $\frac{1·26}{0·089}$, $\frac{1·96}{0·089}$, $\frac{1·35}{0·089}$ এবং $\frac{3·35}{0·089}$; অর্থাৎ 14·16, 22·03, 15·17 এবং 37·63. যেহেতু আণবিক গুরুত্ব = 2 × আপেক্ষিক ঘনত্ব; অতএব যৌগগুলির আণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 14·16 × 2, 22·03 × 2, 15·17 × 2 এবং 37·63 × 2 অর্থাৎ 28·32, 44·06, 30·34 এবং 75·26.

এখন উপরোক্ত যৌগগুলির একটি অণুতে মৌলের পরিমাণ যথাক্রমে $\frac{42·8 \times 28·32}{100}$, $\frac{27·3 \times 44·06}{100}$, $\frac{80·0 \times 30·34}{100}$ এবং $\frac{64·90 \times 75·26}{100}$; অর্থাৎ 12·12, 12·03, 24·28 এবং 48·83 এবং আসন্ন মানে 12, 12, 12 × 2 এবং 12 × 4. অতএব যৌগগুলির একটি অণুতে মৌলের সর্বনিম্ন ওজন = 14·00 ভাগ।

সুতরাং মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব = 12.

অনুশীলনী ২

১। নিম্নলিখিত পদার্থগুলিতে উহাদের কয়টি গ্রাম-অণু (বা মোল) আছে :—

500 গ্রাম কষ্টিক পটাস (KOH) ; 715 গ্রাম ধোতি-সোডা ($Na_2CO_3.10H_2O$) ; 50 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) ; 249·5 গ্রাম কপার সালফেট কেলাস ($CaSO_4.5H_2O$) ; 73·5 গ্রাম পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট (K_2CrO_7)। [উত্তর : 8·925 মোল ; 2·5 মোল ; 0·5 মোল ; 1 মোল ; 0·25 মোল।]

২। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির ওজন গ্রামে নির্ণয় কর :—

0·5 মোল সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) ; 0·75 মোল পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) ; 2·5 মোল অক্সালিক অ্যাসিড ($H_2C_2O_4.2H_2O$) ; 1·2 মোল ফেরাস সালফেট ($FeSO_4.7H_2O$) ; 0·1 মোল গ্লুকোজ বা দ্রাক্ষা-শর্করা ($C_6H_{12}O_6$)।

[উত্তর : 49 গ্রাম ; 118·5 গ্রাম ; 315 গ্রাম ; 333·6 গ্রাম ; 18 গ্রাম।]

৩। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রমাণ অবস্থায় আয়তন কত নির্ণয় কর :—

4 গ্রাম অক্সিজেন ; 11 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড ; 3·65 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ; 4 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইড ; 0·34 গ্রাম অ্যামোনিয়া।

[উত্তর : 2·8 লিটার ; 5·6 লিটার ; 2·24 লিটার ; 1·4 লিটার ; 0·448 লিটার]

৪। প্রমাণ অবস্থায় নিম্নলিখিত পদার্থগুলির ওজন গ্রামে কত হইবে :—

112 সি. সি. কার্বন ডাই-অক্সাইড ; 1 লিটার অ্যামোনিয়া ; 2·5 লিটার কার্বন মনোক্সাইড ; 2·24 লিটার নাইট্রাস অক্সাইড ; 100 সি. সি. হাইড্রোজেন সালফাইড।

[উত্তর : 0·22 গ্রাম ; 0·759 গ্রাম ; 3·125 গ্রাম ; 4·4 গ্রাম ; 0·152 গ্রাম।]

৫। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 লিটার ক্লোরিন গ্যাসের ওজন 3·15 গ্রাম হইলে উহার আণবিক গুরুত্ব কত? [উত্তর : 70·56]

৬। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 46·86 গ্রাম ক্লোরিনের কত আয়তন নির্ণয় কর। [উত্তর : 14·8 লিটার]

৭। 27°C উষ্ণতায় ও 740 মি. মি. চাপে 1·7 গ্রাম অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

[উত্তর : 2·528 লিটার]

৮। প্রমাণ অবস্থায় 500 সি. সি. কোন গ্যাসের ওজন 0·36 গ্রাম। উহার আপেক্ষিক বা বাষ্পীয় ঘনত্ব কত? [উত্তর : 8]

৯। 27°C উষ্ণতায় এবং 780 মি. মি. চাপে কোন গ্যাসের 1 লিটারের ওজন 1·215 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [উত্তর : 191·4]

১০। 0°C উষ্ণতায় এবং 760 মি. মি. চাপে 250 সি. সি. মিথেন (CH_4) গ্যাসের ওজন কত?

[উত্তর : 0·1785]

১১। 27°C উষ্ণতায় ও 600 মি. মি. চাপে 1000 সি. সি. কোন গ্যাসের ওজন 0·80 গ্রাম। প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসটির আপেক্ষিক ঘনত্ব এবং গ্রাম-আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উত্তর : 12·3 ; 24·6 গ্রাম।]

১২। 20 গ্রাম ওজনের কোন গ্যাসের আয়তন 27°C উষ্ণতায় ও 700 মি. মি. চাপে কত হইবে? দেওয়া আছে যে গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 15. [উত্তর : 17·8 লিটার]

১৩। 0·19 গ্রাম উদ্বায়ী তরল উহার স্ফুটনাঙ্কের ঊর্ধ্বে 40°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে 770 মি. মি. চাপে 65 সি. সি. বাষ্প গঠন করে। তরল পদার্থ টির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [উত্তর : 70·5]

১৪। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 500 সি. সি. কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে অণুর সংখ্যা কত? একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুর ওজন গ্রামে প্রকাশ কর। [উত্তর : $1{\cdot}3445\times10^{22}$; $7{\cdot}305\times10^{-23}$ গ্রাম]

১৫। মিথেন, ইথিলিন, প্রোপেন, বেঞ্জিন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প-ঘনত্ব যথাক্রমে 8, 14, 22, 39 এবং 20 ; উক্ত যৌগগুলিতে কার্বনের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 75, 85·7, 81·8, 92·3 এবং 27·3. উপরোক্ত সমীক্ষা হইতে কার্বনের আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [উত্তর : 12]

চতুর্থ অধ্যায় | রাসায়নিক সমীকরণ এবং গণনা

প্রশ্ন ঃ ৩১। উদাহরণসহ সংজ্ঞা লিখ ঃ (i) **চিহ্ন,** (ii) **সংকেত বা আণবিক সংকেত,** (iii) **যোজ্যতা,** (iv) **যৌগমূলক বা মূলক,** (v) **শতকরা সংযুতি।**

উত্তর ঃ (i) **চিহ্ন**—মৌলিক পদার্থের নাম যাহা দ্বারা সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয় তাহাকে চিহ্ন বলে। সাধারণতঃ মৌলের ইংরেজী নামের প্রথম অক্ষরের সহিত নামের উচ্চারণে প্রাধান্য লক্ষিত আরেকটি অক্ষর পাশে লিখিয়া কিংবা ল্যাটিন নামের ক্ষেত্রে প্রথম দুই অক্ষর বা উচ্চারিত দুই অক্ষর দ্বারা চিহ্ন প্রকাশ করা হয়। যেমন হাইড্রোজেন (Hydrogen) H, অক্সিজেন (Oxygen) O, কার্বন (Carbon) C, ক্যালসিয়াম (Calcium) Ca, ক্লোরিন (Chlorine) Cl, সোডিয়াম (Natrium) Na, কপার (Cuprum) Cu, সীসা (Plumbumcu) Pb দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

চিহ্ন দ্বারা মৌলিক পদার্থের নাম, উহার একটি পরমাণু এবং উহার পারমাণবিক গুরুত্ব বুঝায়। যেমন N দ্বারা নাইট্রোজেন মৌল, এক পরমাণু নাইট্রোজেন এবং 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেন বুঝায়।

(ii) **সংকেত** বা **আণবিক সংকেত**—যে সংক্ষিপ্ত ও সাংকেতিক চিহ্ন নির্দিষ্ট মৌল বা যৌগের নামের পরিবর্তে বসিয়া উহার একটিমাত্র অণুকে বুঝায় তাহাকে সংকেত বা আণবিক সংকেত বলে। মৌলের সংকেত লিখিতে মৌলের চিহ্নের ডানদিকে একটু নীচে উহার অণুস্থিত পরমাণু-সংখ্যা বসাইতে হয়। যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিনের সংকেত যথাক্রমে H_2, O_2, Cl_2 ; কারণ উহাদের প্রত্যেকটির অণুতে দুইটি পরমাণু থাকে। কিন্তু যৌগের ক্ষেত্রে গঠনকারী মৌলগুলির চিহ্ন পর পর বসাইয়া উহাদের ডানদিকে একটু নীচে পরমাণু-সংখ্যা পর পর লিখিলেই যৌগের সংকেত পাওয়া যায়। যেমন সোডিয়াম কার্বনেটের অণুতে দুইটি সোডিয়াম পরমাণু, একটি কার্বন পরমাণু ও তিনটি অক্সিজেন পরমাণু আছে ; সুতরাং ইহার সংকেত Na_2CO_3.

সংকেত দ্বারা পদার্থের নাম, উহার একটি অণু, অণু গঠনকারী মৌল ও উহাদের পরমাণু সংখ্যা এবং পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব জানা যায়। যেমন H_3SO_4 লিখিলে বুঝায়, দুইটি হাইড্রোজেন, একটি সালফার ও চারিটি অক্সিজেন পরমাণুর সমন্বয়ে সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি অণু গঠিত এবং ইহার আণবিক গুরুত্ব $=1\times2+32\times1+16\times4=98$ এবং ওজন হিসাবে 98 ভাগ সালফিউরিক অ্যাসিডে 2 ভাগ হাইড্রোজেন, 32 ভাগ সালফার ও 64 ভাগ অক্সিজেন আছে।

(iii) **যোজ্যতা**—মৌলের সংযোজন ক্ষমতাকে সাধারণভাবে যোজ্যতা বলা হয়। মৌলের একটি পরমাণুর সহিত হাইড্রোজেনের যত সংখ্যক পরমাণু যুক্ত হয় সেই সংখ্যাকে মৌলের যোজ্যতা বলে। HCl, H_2O, NH_3 ও CH_4 যৌগ গঠনকালে ক্লোরিন,

অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও কার্বনের এক একটি পরমাণু পৃথকভাবে 1, 2, 3 ও 4-টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং Cl, O, N ও C-এর যোজ্যতা যথাক্রমে 1, 2, 3 ও 4. আবার প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা দ্বারাও মৌলের যোজ্যতা নির্ধারিত হয়। Na, Zn, Al-এর প্রত্যেকটির একটি পরমাণু লঘু HCl হইতে যথাক্রমে 1, 2, 3-টি হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারিত করিয়া NaCl, $ZnCl_2$, $AlCl_3$ যৌগ গঠন করে। সুতরাং Na, Zn, Al-এর যোজ্যতা সথাক্রমে 1, 2 এবং 3.

যে সকল মৌল প্রত্যক্ষভাবে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় না বা কোন যৌগ হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে না সেক্ষেত্রে উহাদের যোজ্যতা অন্য কোন একযোজী সক্রিয় মৌল সাধারণতঃ ক্লোরিনের সহিত সংযোগ বা প্রতিস্থাপন হইতে পরিমাপ করা হয়। যেমন একটি লেড পরমাণু ও দুইটি ক্লোরিন পরমাণুর সংযোগে লেড ক্লোরাইড, $PbCl_2$ উৎপন্ন হয়। সুতরাং লেডের যোজ্যতা দুই।

একই মৌলের একাধিক যোজ্যতাও দেখা যায়। যেমন নাইট্রিক অক্সাইড NO, অ্যামোনিয়া NH_3 ও নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড N_2O_5-এ নাইট্রোজেনের যোজ্যতা যথাক্রমে 2, 3, 5। সেইরূপ ফেরাস ক্লোরাইড, $FeCl_2$ ও ফেরিক ক্লোরাইড, $FeCl_3$-এ আয়রণের যোজ্যতা যথাক্রমে 2 ও 3.

(iv) **মূলক** বা **যোগমূলক**—অনেক সময় একাধিক মৌলের দুই বা ততোধিক পরমাণুর সমষ্টি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় একটি স্বতন্ত্র পরমাণুর মত ব্যবহার করে। এইরূপ যুক্ত পরমাণুপুঞ্জকে মূলক বা যৌগমূলক বলে। যেমন কার্বনেট CO_3, সালফেট SO_4, নাইট্রেট NO_3, অ্যামোনিয়াম NH_4 প্রভৃতি মূলক। ইহারা কখনও মুক্ত অবস্থায় থাকিতে পারে না; যৌগের অণুর মধ্যে যুক্ত অবস্থায় থাকে। রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় ইহারা এক যৌগের অণু হইতে অপরিবর্তিত অবস্থায় অন্য যৌগের অণুতে চলিয়া আসে। যেমন Mg ও H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় SO_4 পরমাণুপুঞ্জ অপরিবর্তিত অবস্থায় Mg-এর সহিত যুক্ত হয় এবং $MgSO_4$ ও H_2 উৎপন্ন করে; সুতরাং SO_4 একটি মূলক। অ্যামোনিয়াম মূলক ধনাত্মক তড়িৎধর্মী, বাকী মূলকগুলি ঋনাত্মক তড়িৎধর্মী। মৌলের মত প্রত্যেক মূলকেরও একটি নির্দিষ্ট যোজ্যতা আছে।

(v) **শতকরা সংযুক্তি**—যৌগের অণুতে বিভিন্ন মৌলের পরমাণু নির্দিষ্ট অনুপাতে থাকে। আবার মৌলের পরমাণুগুলির নির্দিষ্ট ওজন আছে বলিয়া কোন যৌগের এক অণু পরিমাণ ওজনে বিভিন্ন মৌলের নির্দিষ্ট ওজন বর্তমান। অতএব 100 গ্রাম যৌগে প্রত্যেক মৌল বা মূলকের ওজনও নির্দিষ্ট থাকে; মৌল বা মূলকের এই নির্দিষ্ট ওজনকেই যৌগের **শতকরা সংযুক্তি** বলে। যৌগের সংকেত হইতে উহার মৌল উপাদানগুলির শতকরা সংযুক্তি গণনা করা যায়। সালফিউরিক অ্যাসিডের শতকরা সংযুক্তি H=2·04%, S=32.65% এবং O=65·31%. কোন যৌগের সংকেত হইতে প্রথমে মৌলসমূহের পারমাণবিক ওজন যোগ করিয়া উহার আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয়; এইবার অণুস্থিত প্রত্যেক মৌল বা মূলকের ওজনকে আণবিক

গুরুত্ব দ্বারা ভাগ করিয়া ভাগফলকে 100 দ্বারা গুণ করিলেই উপাদান গুলির শতকরা সংযুতি পাওয়া যায়।

প্রশ্ন : ৩২। $CaCO_3$, এই সংকেতের সম্পূর্ণ অর্থ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : $CaCO_3$, সংকেত দ্বারা বুঝা যায়—(i) পদার্থটির নাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট ; (ii) ইহা ক্যালসিয়াম, কার্বন ও অক্সিজেন এই তিনটি মৌলদ্বারা গঠিত ; (iii) ইহা ক্যালসিয়াম কার্বনেটের একটি অণু। (iv) এক অণু ক্যালসিয়াম কার্বনেটে এক পরমাণু ক্যালসিয়াম, এক পরমাণু কার্বন ও তিন পরমাণু অক্সিজেন আছে ; (v) ইহার আণবিক ওজন বা গুরুত্ব $= 40 + 12 + 16 \times 3 = 100$; এবং (vi) 100 ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম কার্বনেটে 40 ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম, 12 ভাগ ওজনের কার্বন এবং 48 ভাগ ওজনের অক্সিজেন আছে।

প্রশ্ন : ৩৩। (ক) এক যোজী, দ্বি-যোজী ও ত্রি-যোজী মৌল বলিতে কি বুঝায় উদাহরণ সহযোগে বিবৃত কর। (খ) পরিবর্তনশীল যোজ্যতা কি ? মৌলের একাধিক যোজ্যতা হইবার কারণ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : (ক) [প্রথমে ৩১ (iii) নং প্রশ্নোত্তর অনুযায়ী যোজ্যতার সংজ্ঞা দাও।]

যে সকল মৌলের যোজ্যতা এক তাহাদিগকে একযোজী, যাহাদের যোজ্যতা দুই তাহাদিগকে দ্বি-যোজী এবং যাহাদের যোজ্যতা তিন তাহাদিগকে ত্রি-যোজী বলে।

একযোজী মৌল—হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি।

দ্বি-যোজী মৌল—অক্সিজেন, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, জিঙ্ক, কপার (ইক্) প্রভৃতি।

ত্রি যোজী মৌল—নাইট্রোজেন, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রণ (ইক্) প্রভৃতি।

(খ) কতকগুলি মৌলের যোজ্যতা নির্দিষ্ট থাকে না ; উহাদের একাধিক যোজ্যতা দেখা যায়। ইহাকেই মৌলের পরিবর্তনশীল যোজ্যতা বলে। এক্ষেত্রে মৌলের যোজ্যতা বিভিন্ন যৌগে বিভিন্ন মানের হয়। যেমন অ্যামোনিয়া (NH_3) যৌগে নাইট্রোজেন ত্রিযোজী কিন্তু নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড (N_2O_5) যৌগে উহা পঞ্চযোজী। সেইরূপ কিউপ্রাস ক্লোরাইড (Cu_2Cl_2) ও কিউপ্রিক ক্লোরাইড ($CuCl_2$) যৌগে কপারের যোজ্যতা যথাক্রমে 1 এবং 2. সেইরূপ মারকারির যোজ্যতা এক ও দুই, আয়রণের যোজ্যতা দুই ও তিন এবং টিন ও লেড উভয়েরই যোজ্যতা দুই ও চার হয়। সাধারণতঃ কম যোজ্যতার অণুকে আস্ এবং বেশী যোজ্যতার অণুকে ইক্ বলে।

যে সকল মৌল একাধিক রকম যৌগ গঠন করিতে সক্ষম, তাহাদের একাধিক যোজ্যতা দেখা যায়। কারণ বিভিন্ন যৌগস্থিত অপর মৌলের যোজ্যতা স্থির রাখিলে উক্ত মৌলের বিভিন্ন যোজ্যতা বাহির হয়। যেমন নাইট্রোজেন মৌল ভিন্ন ভিন্ন অবস্থায় অক্সিজেনের সহিত সংযোগে নাইট্রাস অক্সাইড N_2O, নাইট্রিক অক্সাইড NO, নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড N_2O_3, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড NO_2 এবং নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড N_2O_5 উৎপন্ন করে। এই সকল যৌগে অক্সিজেনের যোজ্যতা দুই ধরিলে নাইট্রোজেনের যোজ্যতা যথাক্রমে 1, 2, 3, 4 ও 5 হয়।

প্রশ্ন : ৩৪। (ক) যোজ্যতা-পরিমাপে হাইড্রোজেনের যোজ্যতাকে

প্রমাণরূপে ধরা হয় কেন ? (খ) আণবিক সংকেত লিখিতে যোজ্যতার অবদান ব্যাখ্যাসহ বুঝাও।

উত্তর : (ক) পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত অপর যে-কোন মৌলের একাধিক পরমাণু যুক্ত হইয়া যৌগ উৎপন্ন করে না (একমাত্র ব্যতিক্রম হাইড্রাজোয়িক অ্যাসিড, N_3H) ; অর্থাৎ কোন যৌগেই একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত অন্য মৌলের একাধিক পরমাণু যুক্ত নাই। ইহা প্রমাণ করে, হাইড্রোজেনের যুক্ত হইবার ক্ষমতা বা যোজ্যতা মৌলসমূহের মধ্যে সর্বাপেক্ষা কম। এই কারণেই হাইড্রোজেনের যোজ্যতাকে প্রমাণরূপে ধরিয়া অন্যান্য মৌলের বা মূলকের যোজ্যতা পরিমাপ করা হয়।

(খ) কোন যৌগের অণুতে বিভিন্ন মৌলের পরমাণু বা মূলকের সংখ্যা উহাদের যোজ্যতার উপর নির্ভর করে। অতএব যৌগস্থিত মৌল ও মূলকের যোজ্যতা জানা থাকিলেই কেবল উহার অণুতে পরমাণু ও মূলকের আনুপাতিক সংখ্যা এবং সেইসঙ্গে উহার আণবিক সংকেত জানা যায়। কারণ আণবিক সংকেতে প্রত্যেক মৌলের পরমাণু-সংখ্যা বা মূলকের সংখ্যা এবং উহাদের যোজ্যতার গুণফল সমান হয় অর্থাৎ যৌগের সংকেতে প্রত্যেক মৌলের পরমাণু বা মূলকের মোট যোজ্যতা সমান থাকে। যেমন A ও B দুইটি মৌল (বা মূলক) পরস্পর যুক্ত হইয়া AB যৌগ গঠন করিলে উহাতে A ও B মৌলের পরমাণু (বা মূলকের অণুর) সংখ্যার অনুপাত উহাদের যোজ্যতার বিপরীত অনুপাতে হয়। সুতরাং কোন যৌগের মৌলসমূহের চিহ্ন ও যোজ্যতা জানা থাকিলে মৌলগুলির চিহ্ন পাশাপাশি লিখিয়া সেই সকল চিহ্নের ডানদিকে একটু নীচে উহাদের যোজ্যতার বিপরীত অনুপাতে সংখ্যা বসাইলেই যৌগের সংকেত পাওয়া যায়। অ্যালুমিনিয়াম ও অক্সিজেনের যোজ্যতা যথাক্রমে 3 এবং 2 ; অতএব অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সংকেত Al_2O_3.

প্রশ্ন : ৩৫। আণবিক সংকেত লিখিবার নিয়ম কি ?

উত্তর : A ও B দুইটি মৌল পরস্পর যুক্ত হইয়া AB যৌগ উৎপন্ন করিলে A ও B মৌল দুইটির পরমাণু-সংখ্যা উহাদের যোজ্যতা-সংখ্যার বিপরীত হয়। কোন যৌগের আণবিক সংকেত লিখিবার সময়—(i) গঠনকারী মৌলের (বা মূলকের) চিহ্ন পাশাপাশি লিখিয়া ধাতু বা ধনাত্মক তড়িৎবাহী মৌলের চিহ্ন বামদিকে এবং অধাতু বা ঋণাত্মক তড়িৎবাহী মৌলের চিহ্ন ডানদিকে বসাইতে হয়। (ii) চিহ্নের উপরে মৌলের যোজ্যতা-সংখ্যা লিখিতে হয় ; সংখ্যাগুলি কোন সাধারণ গুণনীয়ক দ্বারা বিভাজ্য হইলে উহাদিগকে সরল অনুপাতে পরিণত করিতে হয়। (iii) একটি মৌলের যোজ্যতা-সংখ্যা অপরটির চিহ্নের ডানদিকে নীচে বসাইতে হয়। এইভাবে যৌগের আণবিক সংকেত পাওয়া যায়। যেমন

সোডিয়াম ক্লোরাইড	$Na^1\ Cl^1 \rightarrow NaCl$
ফেরিক অক্সাইড	$Fe^3\ O^2 \rightarrow Fe_2O_3$

জিঙ্ক ফসফেট $Zn^{2}\ PO_4^{3} \rightarrow Zn_3(PO_4)_2$

ক্যালসিয়াম কার্বনেট $Ca^{2}\ CO_3^{2} \rightarrow Ca^{1}CO_3^{1} \rightarrow CaCO_3$

প্রশ্ন : ৩৬। রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং রাসায়নিক সমীকরণ বলিতে কি বুঝ ? কিভাবে সমীকরণের ব্যাখ্যা করা যায়।

উত্তর : রাসায়নিক বিক্রিয়া—বিভিন্ন প্ররোচকের সাহায্যে এক বা একাধিক মিশ্রিত পদার্থের অণুগুলির গঠনের যে পরিবর্তনের ফলে নূতন অণুর সৃষ্টি করিয়া একাধিক নূতন পদার্থ উৎপন্ন করে সেই পরিবর্তন ক্রিয়াকে রাসায়নিক বিক্রিয়া বলে। যেমন জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিড পারস্পরিক রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জিঙ্ক সালফেট ও হাইড্রোজেন দুইটি নূতন পদার্থ সৃষ্টি করে। এক্ষেত্রে জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের অণুগুলির গঠন সম্পূর্ণরূপে পরিবর্তিত হইয়া জিঙ্ক সালফেট ও হাইড্রোজেনের অণুর গঠন পায়।

রাসায়নিক সমীকরণ—চিহ্ন ও সংকেতের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করিবার পদ্ধতিকে রাসায়নিক সমীকরণ বলে। সমীকরণের উভয় দিকের প্রত্যেক মৌলের পরমাণুর মোট সংখ্যা সর্বদাই সমান থাকে। যেমন উপরোক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়া চিহ্ন ও সংকেতের দ্বারা $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$ সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়।

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ক্রিয়াশীল পদার্থ বা বিকারকগুলির চিহ্ন ও সংকেত বামদিকে এবং উৎপন্ন পদার্থগুলির চিহ্ন ও সংকেত ডানদিকে লিখিয়া মাঝখানে সমান চিহ্ন (=) দিলে রাসায়নিক সমীকরণ পাওয়া যায় ; একাধিক ক্রিয়াশীল ও উৎপন্ন পদার্থের মাঝে যোগ চিহ্ন (+) দিতে হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে এক পদার্থ সম্পূর্ণরূপে ভিন্ন নূতন পদার্থে পরিণত হইলেও পদার্থের মূল উপাদান তথা পরমাণুর গঠন ও সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না। রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে যে কয়টি পরমাণু থাকে বিক্রিয়ার পরেও ঠিক সেই কয়টি পরমাণু অবিকৃত অবস্থায় থাকিয়া যায় ; শুধুমাত্র পরমাণুগুলি এক পদার্থের অণুর গঠন ভাঙ্গিয়া পুনরায় নূতন ধরণের গঠনযুক্ত নূতন পদার্থের অণু গড়িয়া তোলে। রাসায়নিক সমীকরণে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের রূপান্তরই চিহ্ন ও সংকেতের মাধ্যমে প্রকাশ পায়। কাজেই সমীকরণের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রকৃত ব্যাখ্যা করা যায়।

প্রশ্ন : ৩৭। রাসায়নিক সমীকরণ কি কি নির্দেশ করে তাহা $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ সমীকরণটি উদাহরণ লইয়া বুঝাইয়া দাও। রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতা কি ?

উত্তর : যে-কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াকে চিহ্ন ও সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করিবার পদ্ধতিকে রাসায়নিক সমীকরণ বলে। রাসায়নিক সমীকরণ দ্বারা আদিক ও মাত্রিক উভয় অর্থই বুঝায়।

সমীকরণের অর্থ—উদাহরণস্বরূপ $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা যায় :—

(১) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মৌল দুইটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। (২) নাইট্রোজেনের একটি অণু বা দুইটি পরমাণুর সহিত হাইড্রোজেনের তিনটি অণু বা ছয়টি পরমাণু যুক্ত হইয়া দুই অণু অ্যামোনিয়া গঠন করে। (৩) বিক্রিয়ার পূর্বে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মোট পরমাণুর সংখ্যা $2+2\times3=8$; এবং ইহা বিক্রিয়ার পর অ্যামোনিয়াস্থিত উহাদের মোট পরমাণু-সংখ্যার $(1+3)\times2=8$ সমান। (৪) $14\times2=28$ ভাগ ওজনের নাইট্রোজেন $2\times3=6$ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া $(14+\ \ )\times2=34$ ভাগ ওজনের অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। (৫) এক গ্রাম-অণু বা 28 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত তিন গ্রাম-অণু বা 6 গ্রাম হাইড্রোজেনের সংযুক্তিতে দুই গ্রাম-অণু বা 34 গ্রাম অ্যামোনিয়া গঠিত হয়। (৬) একই উষ্ণতা ও চাপে এক আয়তন নাইট্রোজেন তিন আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত মিলিয়া দুই আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। (৭) প্রমাণ অবস্থায় (N.T.P.) 22·4 লিটার নাইট্রোজেন $22·4\times3$ লিটার হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া $22·4\times2$ লিটার অ্যামোনিয়া গঠন করে।

সীমাবদ্ধতা—রাসায়নিক সমীকরণ হইতে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা যায় না—(১) বিক্রিয়ার শর্ত অর্থাৎ তাপ, চাপ ও অনুঘটকের প্রয়োজনীয়তা ; (২) বিক্রিয়ায় ক্রিয়াশীল ও উৎপন্ন পদার্থগুলির ভৌত অবস্থা অর্থাৎ উহারা কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় কোন্ অবস্থায় থাকে ; (৩) ক্রিয়াশীল পদার্থগুলির গাঢ়ত্ব ; (৪) বিক্রিয়ার গতি ; (৫) বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইতে কত সময় লাগে ; (৬) বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক না তাপ-শোষক এবং (৭) বিক্রিয়াটি উভমুখী কিনা। অনেক সময় সমীকরণের মাঝখানে অবস্থিত = চিহ্নের পরিবর্তে $\rightleftharpoons$ চিহ্ন বসাইয়া উভমুখী বিক্রিয়া দেখান হয়।

প্রশ্ন ঃ ৩৮। (ক) রাসায়নিক সমীকরণ লিখিতে কি কি নিয়ম অনুসরণ করিতে হয়। (খ) সমীকরণের উভয় পার্শ্বের পরমাণু-সংখ্যা সমান করা হয় কেন ?

উত্তর ঃ (ক) সমীকরণ রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করে ; সেইজন্য সমীকরণ গঠনকালে নিম্নলিখিত কয়েকটি নিয়ম মানিতে হয় :—

(১) ক্রিয়াশীল পদার্থ ও বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থগুলির নাম এবং উহাদের প্রত্যেকটির চিহ্ন ও সংকেত জানা প্রয়োজন। (২) প্রত্যেকটি পদার্থকে উহার অণুর সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা হয়। (৩) হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি মৌলিক গ্যাসগুলিকে দুই পরমাণুযুক্ত অণুর সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা হয়। (৪) কার্বন, সালফার, ফসফরাস, সিলিকন প্রভৃতি অধাতুগুলি এবং সমস্ত ধাতুগুলিকে উহাদের পরমাণুর সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা হয়। (৫) সমীকরণের সমান চিহ্নের উভয় দিকে প্রত্যেকটি মৌলের পরমাণু (অণুর মধ্যস্থিত) সংখ্যা এক হওয়া প্রয়োজন ; সেইজন্য প্রয়োজনানুসারে বিভিন্ন পদার্থের বিভিন্ন সংখ্যক অণু বসাইতে হয়। যেমন—

(১) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

নাইট্রোজেন + হাইড্রোজেন = অ্যামোনিয়া ··· (i)

$N + H = NH_3$ ··· (ii)

$N_2 + H_2 = NH_3$ ··· (iii)

$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ ··· (iv)

(২) সোডিয়ামের সহিত জলের বিক্রিয়ায় কষ্টিক সোডা ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

সোডিয়াম + জল = কষ্টিক সোডা + হাইড্রোজেন···(i)

$Na + H_2O = NaOH + H$ ···(ii)

$Na + H_2O = NaOH + H_2$ ···(iii)

$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$ ···(iv)

(খ) ডালটনের পরমাণুবাদ এবং ভরের অবিনাশিতা সূত্র হইতে পাই, পরমাণুর ধ্বংস নাই। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শুধুমাত্র পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন হয়। সুতরাং রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে ক্রিয়াশীল পদার্থসমূহে যত সংখ্যক পরমাণু থাকে, বিক্রিয়ার পরে নূতন নূতন পদার্থ উৎপন্ন হইলেও উহাদের মধ্যে ঠিক তত সংখ্যক পরমাণু থাকিয়া যায়। সুতরাং সমীকরণ দ্বারা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করিবার সময়ে সমীকরণের সমান চিহ্নের উভয় পার্শ্বের পরমাণুর সংখ্যা সমান রাখা হয়।

প্রশ্ন : ৩৯। (ক) স্থূল সংকেত এবং আণবিক সংকেত কাহাকে বলে? উহাদের মধ্যে প্রভেদ কি বুঝাইয়া দাও। উহাদের পারস্পরিক সম্বন্ধ কি? (খ) কিভাবে যৌগের শতকরা সংযুতি হইতে উহার সংকেত নির্ণয় করা যায়?

উত্তর : (ক) কোন যৌগের উপাদানসমূহের শতকরা পরিমাণ হইতে প্রাপ্ত সরলতম সংকেতকে ঐ যৌগের স্থূল সংকেত বলে। স্থূল সংকেত হইতে যৌগের একটি অণুতে উপাদানসমূহের পরমাণুগুলি যে অনুপাতে যুক্ত থাকে তাহা জানা যায়, পরমাণুগুলির প্রকৃত সংখ্যা জানা যায় না। কিন্তু যে সংকেত হইতে কোন যৌগের একটি অণুতে বর্তমান পরমাণুগুলির প্রকৃত সংখ্যা নির্দেশিত হয় তাহাকে ঐ যৌগের আণবিক সংকেত বলে। সুতরাং যৌগের আণবিক সংকেত সাধারণতঃ উহার স্থূল সংকেতের সমান বা সরল গুণিতক হয়; অতএব আণবিক সংকেত $\equiv n \times$ স্থূল সংকেত, যেখানে n = সরল পূর্ণ-সংখ্যা। যৌগের আণবিক গুরুত্ব জানা থাকিলে গুণিতক সংখ্যাটি বাহির করিয়া উহার আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ—মার্বেল পাথর বা খড়িমাটি Ca, C ও O এই তিনটি মৌল লইয়া গঠিত এবং উহাদের পরমাণুগুলির অনুপাত 1 : 1 : 3 অতএব, মার্বেল পাথরের স্থূল সংকেত $= CaCO_3$ এবং উহার আণবিক সংকেত $= (CaCO_3)_n$, n একটি সরল পূর্ণ-সংখ্যা।.n-এর মান নির্ণয়ের জন্য যৌগটির আণবিক ওজন জানা দরকার। যেহেতু, মার্বেলের আণবিক ওজন = 100,

∴ $(CaCO_3)_n = 100$; অথবা $(40+12+48)n = 100$;

অর্থাৎ $100\,n = 100$ বা, $n = 1$.

∴ মার্বেল পাথরের আণবিক সংকেত $= CaCO_3$.

(খ) শতকরা সংযুক্তি হইতে যৌগের সংকেত নির্ণয় করিতে নিম্নলিখিত নিয়মগুলি প্রযোজ্য হয়। যথা—(১) অণুতে প্রত্যেক মৌলের শতকরা পরিমাণকে (অথবা ওজনের অনুপাতকে) নিজ নিজ মৌলের গুরুত্ব দ্বারা ভাগ করিলে যৌগস্থিত মৌলসমূহের পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত পাওয়া যায়। (২) এই অনুপাতকে উহাদের মধ্যে সর্বাপেক্ষা ছোট সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিলে পরমাণুগুলির সরলতম অনুপাত বাহির হয়। এক্ষেত্রে অনুপাতটি পূর্ণ-সংখ্যা হইবে, কারণ পরমাণু অবিভাজ্য; সাধারণতঃ পূর্ণ-সংখ্যার কাছাকাছি হইলেই আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যাটি ধরিতে হয়। (৩) অনুপাত পূর্ণ সংখ্যায় না হইলে কোন একটি সাধারণ সংখ্যা দ্বারা গুণ করিয়া উহাকে পূর্ণ-সংখ্যায় পরিণত করিলেই স্থূল সংকেত বাহির হয়। (৪) এইবার যৌগের আণবিক গুরুত্বকে স্থূল সংকেতের ওজন দ্বারা ভাগ করিলে গুণিতক সংখ্যা, n পাওয়া যায়। (৫) স্থূল সংকেতকে গুণিতক সংখ্যা n দ্বারা গুণ করিলেই আণবিক সংকেত বাহির হয়।

প্রশ্ন : ৪০। গ্যাসমিতি বা ইউডিওমিতি কি ?

উত্তর : গ্যাসের আয়তনের পরিমাপ এবং এই পরিমাপ সম্পর্কিত গণনা গ্যাসমিতির বিষয়বস্তু। ইহা কেবলমাত্র গ্যাসীয় অবস্থায় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। গ্যাসীয় মিশ্রণের আয়তনিক বিশ্লেষণে এবং গ্যাসীয় যৌগের আয়তনিক সংযুক্তি নির্ধারণ করিতে যে পদ্ধতি অবলম্বন করা হয় তাহাই গ্যাসমিতি নামে পরিচিত। সাধারণতঃ U-আকৃতিবিশিষ্ট কাচনলে অল্প বিস্ফোরণ অথবা বিয়োজন ঘটাইয়া এই আয়তনিক বিশ্লেষণ ও সংযুতি নির্ধারণ করা হয়। এই কারণে উক্ত পদ্ধতিকে ইউডিওমিতিও বলা হয় এবং U-আকৃতির কাচনলকে ইউডিওমিটার বা গ্যাসমান যন্ত্র বলে। গ্যাসমিতিতে এক গ্রাম-অণু যে-কোন গ্যাসের আয়তনকে এক আয়তন ধরা হয় এবং উপযুক্ত বিকারকের সাহায্যে বিভিন্ন গ্যাস শোষণ করিয়া উহাদের আয়তন বাহির করা হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

(ক) শতকরা সংযুতি :

১। সালফিউরিক অ্যাসিডের সংকেত H_2SO_4 হইলে উহার উপাদানগুলির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

উত্তর : সালফিউরিক অ্যাসিডের (H_2SO_4) আণবিক গুরুত্ব $= 1\times2+32+16\times4 = 98$; অতএব 98 ভাগ H_2SO_4-এর মধ্যে 2 ভাগ হাইড্রোজেন, 32 ভাগ সালফার ও 64 ভাগ অক্সিজেন আছে। সুতরাং 100 ভাগ H_2SO_4-এ $\frac{2}{98}\times100 = 2{\cdot}04$ ভাগ হাইড্রোজেন, $\frac{32}{98}\times100 = 32{\cdot}65$ ভাগ সালফার এবং $\frac{64}{98}\times100 = 65{\cdot}31$ ভাগ অক্সিজেন থাকে।

∴ সালফিউরিক অ্যাসিডে $H = 2{\cdot}04\%$, $S = 32{\cdot}65\%$ এবং $O = 65{\cdot}31\%$.

২। ধৌত্তি-সোডায় ($Na_2CO_3.10H_2O$) (i) অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট, (ii) কেলাস জল এবং (iii) সোডিয়াম অক্সাইডের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটের মধ্যে Na_2O-এর শতকরা মাত্রা কত ?

উত্তর : (i) এবং (ii) ধৌত-সোডা, $Na_2CO_3.10H_2O$-এর আণবিক গুরুত্ব $=(23\times2+12\times1+16\times3)+(18\times10)=286$, অনার্দ্র Na_2CO_3-এর আণবিক গুরুত্ব $=106$ এবং $10H_2O$-এর ওজন $=180$. অতএব অনার্দ্র Na_2CO_3-এর শতকরা মাত্রা $=\frac{106\times100}{286}=37{\cdot}06$ এবং কেলাস জলের শতকরা মাত্রা $=\frac{180\times100}{286}$ $=62{\cdot}94$.

(iii) $Na_2CO_3.10H_2O=Na_2O+CO_2+10H_2O$

286 ভাগ ধৌত্তি-সোডার মধ্যে $23\times2+16=62$ ভাগ Na_2O আছে। অতএব Na_2O-এর শতকরা মাত্রা $=\frac{62\times100}{286}=21{\cdot}68$.

শেষ অংশ—$Na_2CO_3=Na_2O+CO_2$

106 ভাগ অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটের মধ্যে 62 ভাগ Na_2O বিদ্যমান। অতএব Na_2O-এর শতকরা মাত্রা $=\frac{62\times100}{106}=58{\cdot}49$.

৩। পটাস ফট্‌কিরিতে K_2SO_4, $Al_2(SO_3)_3$, $24H_2O$; সালফেট (SO_4) মূলকের শতকরা পরিমাণ কত ? ($K=31$, $Al=27$, $S=32$).

উত্তর : পটাস ফট্‌কিরির আণবিক গুরুত্ব $=(31\times2+32+16\times4)+\{27\times2+3(32+16\times4)\}+24(1\times2+16)=948$ এবং একটি সালফেট মূলকের ওজন $=32+16\times4=96$. যেহেতু একটি পটাস ফট্‌কিরির অণুতে 4-টি সালফেট মূলক বর্তমান ; অতএব 948 ভাগ ফট্‌কিরিতে $96\times4=384$ ভাগ সালফেট মূলক আছে।

সুতরাং সালফেট মূলকের শতকরা পরিমাণ $=\frac{384}{948}\times100=40{\cdot}506$.

৪। কপার সালফেটের সোদক স্ফটিকে জলের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

উত্তর : সোদক কপার সালফেটের সংকেত $=CuSO_4$, $5H_2O$; অতএব উহার আণবিক গুরুত্ব $=63{\cdot}5+32+16\times4+5(1\times2+16)=249{\cdot}5$ এবং উহাতে 5-টি জলের অণু অর্থাৎ $5(1\times2+16)=90$ ভাগ জল আছে।

সুতরাং জলের শতকরা পরিমাণ $=\frac{90}{249{\cdot}5}\times100=36{\cdot}07$.

৫। সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেটের সংকেত $Na_2HPO_4.12H_2O$ হইলে উহাতে P_2O_5-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

উত্তর : সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেটের আণবিক গুরুত্ব $=(23\times2+1+31+16\times4)+18\times12=358$ এবং P_2O_5-এর ওজন $=142$.

আমরা পাই, $2NaHPO_4.12H_2O=2Na_2O+P_2O_5+25H_2O$; অর্থাৎ দুই অণু সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেটে এক অণু P_2O_5 আছে। এখন দুই গ্রাম-

অণু $Na_2HPO_4.12H_2O$-এর ওজন $=358\times2=716$ গ্রাম। যেহেতু 716 গ্রাম $Na_2HPO_4.12H_2O$-এর মধ্যে 142 গ্রাম P_2O_5 বর্তমান, অতএব P_2O_5-এর শতকরা পরিমাণ $=\frac{142\times100}{716}=19{\cdot}83.$

৬। ফেরিক অ্যামোনিয়াম সালফেটের সংকেত $(NH_4)_2SO_4.Fe_2(SO_4)_3.24H_2O$; ইহাতে আয়রণ, NH_4 ও SO_4 মূলক এবং কেলাস জলের শতকরা পরিমাণ কত ?

উত্তর : ফেরিক অ্যামোনিয়াম সালফেটের আণবিক ওজন $=\{(14+4)\times2+32+16\times4\}+\{56\times2+(32+16\times4)\times3\}+24\times(1\times2+16)=964.$

যেহেতু এক অণু ফেরিক অ্যামোনিয়াম সালফেটের মধ্যে দুই পরমাণু Fe, দুইটি NH_4 মূলক, চারিটি SO_4 মূলক এবং 24 অণু কেলাস জল আছে। অতএব এক গ্রাম-অণু অর্থাৎ 964 গ্রাম ফেরিক অ্যামোনিয়াম সালফেটে $56\times2=112$ গ্রাম Fe, $(14+4)\times2=36$ গ্রাম NH_4 মূলক, $(32+16\times4)\times4=384$ গ্রাম SO_4 মূলক এবং $18\times24=432$ গ্রাম কেলাস জল থাকে।

সুতরাং Fe-এর শতকরা পরিমাণ $=\frac{112\times100}{964}$ 11·62 ; NH_4 মূলকের শতকরা পরিমাণ $=\frac{36\times100}{\text{৬}647}=3{\cdot}73$; SO_4 মূলকের শতকরা পরিমাণ $=\frac{384\times100}{964}=39{\cdot}84$ এবং কেলাস জলের শতকরা পরিমাণ $=\frac{432\times100}{964}=44{\cdot}81.$

(খ) স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত :

৭। একটি যৌগের শতকরা সংযুতি নিম্নরূপ :— $N=22{\cdot}22$, $H=1{\cdot}59$ এবং $O=76{\cdot}19$; উক্ত লবণটির স্থূল সংকেত কি ?

উত্তর : আমরা জানি নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 14, 1 এবং 16. অতএব মৌলের শতকরা পরিমাণকে উহাদের পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিলে পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত দাঁড়ায়,

$$N:H:O=\frac{22{\cdot}22}{14}:\frac{1{\cdot}57}{1}:\frac{76{\cdot}19}{16}=1{\cdot}58:1{\cdot}59:4{\cdot}76.$$

ইহাদের মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 1·57 ; সেইজন্য অনুপাতটি 1·57 দ্বারা ভাগ করিলে পাই, $N:H:O=\frac{1{\cdot}58}{1{\cdot}58}:\frac{1{\cdot}59}{1{\cdot}58}:\frac{4{\cdot}76}{1{\cdot}58}=1:1:3.$

সুতরাং লবণটির স্থূল সংকেত, HNO_3.

৮। একটি বর্ণহীন স্ফটিকাকার যৌগের বিশ্লেষণে দেখা যায় উহা K – 44·82%, S – 18·4% এবং বাকী অক্সিজেন দ্বারা গঠিত। যৌগটির স্থূল সংকেত কি ? (K – 39, S – 32).

উত্তর : যৌগে অক্সিজেনের পরিমাণ $=100-(44{\cdot}82+18{\cdot}4)=36{\cdot}78\%$.
অতএব যৌগে মৌলসমূহের ওজনের অনুপাত, $K:S:O=44{\cdot}82:18{\cdot}4:36{\cdot}78$. সুতরাং পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত,

$$K:S:O=\frac{44{\cdot}82}{39}:\frac{18{\cdot}4}{32}:\frac{36{\cdot}78}{16}=1{\cdot}15:0{\cdot}57:2{\cdot}29.$$

ইহাদের মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 0·57 দ্বারা অনুপাতটি ভাগ করিলে পাই,

$$K:S:O=\frac{1{\cdot}15}{0{\cdot}57}:\frac{0{\cdot}57}{0{\cdot}57}:\frac{2{\cdot}29}{0{\cdot}57}=2{\cdot}01:1:4{\cdot}01;$$ এখানে 2·01 ও 4·01 -কে আসন্ন পূর্ণ সংখ্যা 2 ও 4 ধরা হয়। অতএব যৌগের স্থূল সংকেত, K_2SO_4.

৯। 1·0 গ্রাম একটি যৌগে 0·262 গ্রাম N_2, 0·075 গ্রাম H_2 এবং বাকী Cl_2 আছে। ইহার স্থূল সংকেত নির্ণয় কর। (Cl – 35·5).

উত্তর : 1·0 গ্রাম যৌগে Cl_2-এর পরিমাণ $=1-(0{\cdot}262+0{\cdot}075)=0{\cdot}663$ গ্রাম। অতএব উপরোক্ত যৌগে মৌলগুলির ওজনের অনুপাত, $N:H:Cl=0{\cdot}262:0{\cdot}075:0{\cdot}663$. সুতরাং পরমাণুর-সংখ্যার অনুপাত,

$$N:H:Cl=\frac{0{\cdot}262}{14}:\frac{0{\cdot}075}{1}:\frac{0{\cdot}663}{35{\cdot}5}=0{\cdot}0186:0\ 0075:0{\cdot}0186.$$

ইহাদের মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 0·0186 ; অনুপাতটি 0·0186 দ্বারা ভাগ করিলে পাই,

$$N:H:Cl=\frac{0{\cdot}0186}{0{\cdot}0186}:\frac{0{\cdot}075}{0{\cdot}0186}:\frac{0{\cdot}0186}{0{\cdot}0186}=1:4:1.$$

সুতরাং যৌগের স্থূল সংকেত, NH_4Cl.

১০। ইক্ষু-শর্করায় C—42·11%, H—6·43% এবং বাকী অক্সিজেন থাকিলে উহার স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর : ইক্ষু-শর্করায় O_2-এর পরিমাণ $=100-(42{\cdot}11+6{\cdot}43)=51{\cdot}46\%$; অতএব উহাদের ওজনের অনুপাত, $C:H:O=42{\cdot}11:6{\cdot}43:51{\cdot}46$. সুতরাং পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত $=\frac{42{\cdot}11}{12}:\frac{6{\cdot}43}{1}:\frac{51{\cdot}46}{16}=3{\cdot}501:6{\cdot}43:3{\cdot}216$.

ইহাদের মধ্যে সর্বাপেক্ষা ছোট সংখ্যা 3·216 দ্বারা অনুপাতটি ভাগ করিলে পাই,

$$C:H:O=\frac{3{\cdot}501}{3{\cdot}216}:\frac{6{\cdot}43}{3{\cdot}216}:\frac{3{\cdot}216}{3{\cdot}216}=1{\cdot}09:2:1.$$

অনুপাতটি পূর্ণ সংখ্যায় প্রকাশ করিতে প্রত্যেককে 11 দ্বারা গুণ করিতে হয়, অর্থাৎ $C:H:O=11{\cdot}99:22:11=12:22:11$ (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা ধরিয়া)।
সুতরাং ইক্ষু-শর্করার স্থূল সংকেত, $C_{12}H_{22}O_{11}$.

১১। একটি হাইড্রোকার্বনে C—92·4% এবং H—7·6% আছে। উহার আণবিক গুরুত্ব 78 হইলে সংকেতটি বাহির কর।

উত্তর : হাইড্রোকার্বনে মৌল দুইটির ওজনের অনুপাত, C : H = 92·4 : 7·6 ; অতএব উহাদের পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত, $C : H = \frac{92.4}{12} : \frac{7.6}{1} = 7.7 : 7.6$.

ইহাদের মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 7·6 দ্বারা অনুপাতটি ভাগ করিলে পাই, $C : H = \frac{7.7}{7.6} : \frac{7.6}{7.6} = 1.01 : 1 = 1 : 1$. সুতরাং হাইড্রোকার্বনের স্থূল সংকেত, CH.

মনে কর, উহার আণবিক সংকেত $(CH)_n$, n = পূর্ণ-সংখ্যা ; অতএব উহার আণবিক ওজন, $(CH) \times n = 78$; অর্থাৎ $13n = 78$; সুতরাং $n = 6$.

∴ হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত, $(CH)_6 = C_6H_6$.

১২। একটি সোদক কেলাসে Na—18·55%, S—25·81%, O—19·35% এবং কেলাস জল—36·29% আছে। সোদক লবণটির সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর : সোদক কেলাসে মৌলগুলি ও কেলাস জলের ওজনের অনুপাত, $Na : S : O : H_2O = 18.55 : 25.81 : 19.35 : 36.29$. সুতরাং মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যা ও কেলাস জলের অণু-সংখ্যার অনুপাত $= \frac{18.55}{23} : \frac{25.81}{32} : \frac{19.35}{16} : \frac{36.29}{18} = 0.806 : 0.806 : 1.209 : 2.018$. উহাদের মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 0·806 দ্বারা অনুপাতটি ভাগ করিলে পাই, $Na : S : O : H_2O = 1 : 1 : 1.5 : 2.5$. অনুপাতটি পূর্ণ-সংখ্যায় প্রকাশ করিতে প্রত্যেকটিকে দ্বিগুণ করিতে হয়, অর্থাৎ $Na : S : O : H_2O = 2 : 2 : 3 : 5$.

সুতরাং সোদক কেলাসের সংকেত, $Na_2S_2O_3.5H_2O$.

১৩। একটি যৌগের বিশ্লেষণে দেখা যায়, Na—14·31%, S—9·97%, H—6·25% এবং O—69·47% আছে। যদি যৌগে সমস্ত হাইড্রোজেন কেলাস জল হিসাবে থাকে তবে উহার সংকেত কি হইবে ?

উত্তর : যৌগে মৌলগুলির ওজনের অনুপাত, Na : S : H : O = 14·31 : 9·97 : 6·25 : 69·47.

অতএব উহাদের পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত, $Na : S : H : O = \frac{14.31}{23} : \frac{9.97}{32} : \frac{6.25}{1} : \frac{69.47}{16} = 0.62 : 0.31 : 6.25 : 43.4$. ইহাদের মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 0·31 দ্বারা অনুপাতটি ভাগ করিলে পাই, Na : S : H : O = 2 : 1 : 20 : 14.

অতএব যৌগটির স্থূল সংকেত, $Na_2SH_{20}O_{14}$. কিন্তু যৌগটিতে সকল H-পরমাণু অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জলের অণু হিসাবে বর্তমান ; সেইজন্য 20-টি H-পরমাণু ও 10-টি O-পরমাণুর সংযোগে 10-টি জলের অণু গঠন করে এবং বাকী 4-টি O-পরমাণু যুক্ত থাকে দুইটি Na-পরমাণু ও একটি S-পরমাণুর সহিত।

সুতরাং যৌগের সংকেত—$Na_2SO_4,10H_2O$.

১৪। সালফার, ক্লোরিন ও অক্সিজেনে গঠিত একটি যৌগে S—23·7% এবং Cl—52·6% আছে। পদার্থটির বাষ্প-ঘনত্ব 67·5 হইলে উহার আণবিক সংকেত বাহির কর।

উত্তর : যৌগে অক্সিজেনের পরিমাণ$=100-(23·7+52·6)=23·7\%$; অতএব মৌলগুলির ওজনের অনুপাত, $S:Cl:O=23·7:52·6:23·7$ এবং উহাদের পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত, $S:Cl:O=\frac{23·7}{32}:\frac{52·6}{35·5}:\frac{23·7}{16}=0·74:1·48:1·48$. ইহাদের মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 0·74 দ্বারা অনুপাতটি ভাগ করিলে পাই, $S:Cl:O=1:2:2$; অর্থাৎ যৌগের স্থূল সংকেত, SO_2Cl_2.

মনে কর, উহার আণবিক সংকেত, $(SO_2Cl_2)_n$, $n=$পূর্ণ-সংখ্যা ; অতএব উহার আণবিক ওজন, $(32+32+71)\times n=2\times$ বাষ্প ঘনত্ব$=2\times 67·5$,

অর্থাৎ $135\,n=135$; অতএব $n=1$.

সুতরাং যৌগের আনবিক সংকেত, SO_2Cl_2.

১৫। কার্বন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন দ্বারা গঠিত একটি যৌগে 32% C ও 4% H_2 আছে। উহার আণবিক গুরুত্ব 150 হইলে সংকেতটি কি হইবে ?

উত্তর : যৌগে O_2-এর পরিমাণ$=100-(32+4)=64\%$; অতএব যৌগে C, H ও O-এর অনুপাত$=32:4:64$. সুতরাং মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত$=\frac{32}{12}:\frac{4}{1}:\frac{64}{16}=2·66:4:4$. এই সংখ্যাগুলিকে উহাদের মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 2·66 দ্বারা ভাগ করিলে পাই, $C:H:O=\frac{2·66}{2·66}:\frac{4}{2·66}:\frac{4}{2·66}=1:1·5:1·5$ (আসন্ন মানে)। পরমাণু অবিভাজ্য বলিয়া অনুপাতটি পূর্ণ সংখ্যায় প্রকাশ করিতে প্রত্যেকটিকে দ্বিগুণ করিলে $C:H:O=2:3:3$. অতএব যৌগটির স্থূল সংকেত$=C_2H_3O_3$.

মনে কর, উহার আণবিক সংকেত $(C_2H_3O_3)_n$, $n=$পূর্ণ-সংখ্যা। অতএব উহার আণবিক ওজন, $(C_2H_3O_3)_n,=150$; অর্থাৎ $(12\times2+3+16\times3)n=150$; বা $75n=150$; সুতরাং $n=2$.

∴ যৌগের আণবিক সংকেত$=(C_2H_3O_3)_2=C_4H_6O_6$.

১৬। একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইডে যথাক্রমে 27·6% এবং 30% অক্সিজেন আছে। প্রথম অক্সাইডের সংকেত M_3O_4 হইলে দ্বিতীয়টির সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর : প্রথম অক্সাইডে $M=100-27·6=72·4\%$ ও $O=27·6\%$; অর্থাৎ উহাদের ওজনের অনুপাত, $M:O=72·4:27·6$.

এখন M ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব x হইলে প্রথম অক্সাইডে উহাদের পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত, $M:O=\frac{72·4}{x}:\frac{27·6}{16}$. কিন্তু অক্সাইডটির সংকেত M_3O_4 বলিয়া

উহাদের পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত হইবে 3 : 4 ; অর্থাৎ M : O = 3 : 4 ; অথবা $\frac{72.4}{x} : \frac{27.6}{16} = 3 : 4$. অতএব $x = \frac{72.4 \times 16 \times 4}{27.6 \times 3} = 55.97$.

এখন দ্বিতীয় অক্সাইডে, M = 100 − 30 = 70% ও O = 30% ; অর্থাৎ উহাদের ওজনের অনুপাত, M : O = 70 : 30 ; এবং উহাদের পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত, $M : O = \frac{70}{55.97} : \frac{30}{16} = 1.25 : 1.87$.

ইহাদের মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 1·25 দ্বারা অনুপাতটি ভাগ করিলে পাই, M : O = $\frac{1.25}{1.25} : \frac{1.87}{1.25} = 1 : 1.5$; পরমাণু অবিভাজ্য বলিয়া অনুপাতটি পূর্ণ-সংখ্যায় প্রকাশের জন্য দ্বিগুণ করিলে, M : O = 2 : 3 হয়।

সুতরাং দ্বিতীয় অক্সাইডের সংকেত, M_2O_3.

১৭। নিম্নলিখিত শতকরা সংযুতি হইতে খনিজ পদার্থ টির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর : $Al_2O_3 = 38.41$; $K_2O = 12.10$; $SiO_2 = 45.07$ এবং $H_2O = 4.42$.

উত্তর : $Al_2O_3 = 27 \times 2 + 16 \times 3 = 102$; $K_2O = 39 \times 2 + 16 = 94$; $SiO_2 = 28 + 76 \times 2 = 60$; $H_2O = 1 \times 2 + 16 = 18$. খনিজ পদার্থের এই যৌগগুলির ওজনের অনুপাত, $Al_2O_3 : K_2O : SiO_2 : H_2O = 38.41 : 12.10 : 45.07 : 4.42$. অতএব উহাদের অণু-সংখ্যার অনুপাত $= \frac{38.41}{102} : \frac{12.10}{94} : \frac{45.07}{60} : \frac{4.42}{18} = 0.376 : 0.128 : 0.751 : 0.245$. এই সংখ্যাগুলিকে উহাদের মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 0·128 দ্বারা ভাগ করিলে পাই, $Al_2O_3 : K_2O : SiO_2 : H_2O = \frac{0.376}{0.128} : \frac{0.128}{0.128} : \frac{0.751}{0.128} : \frac{0.245}{0.128} = 2.93 : 1 : 5.86 : 192 = 3 : 1 : 6 : 2$ (নিকটতম পূর্ণ সংখ্যা ধরিয়া)।

সুতরাং খনিজ পদার্থ টির স্থূল সংকেত, $K_2O.\ 3AlO_3.\ 6SiO_2.\ 2H_2O$.

১৮। 12·325 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম সালফেট স্ফটিক নিরুদন করিলে 6·306 গ্রাম জল অপসারিত হয়। স্ফটিকের সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর : সোদক ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের ওজন = 12·325 গ্রাম এবং জলের ওজন = 6·306 গ্রাম। ∴ অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম সালফেট, $MgSO_4$-এর ওজন = (12·325 − 6·306) = 6·019 গ্রাম। $MgSO_4$ যৌগের ওজন = 24 + 32 + 16 × 4 = 120 এবং H_2O-এর ওজন = 18. যেহেতু উহাদের ওজনের অনুপাত = 6·019 : 6·306, অতএব সোদক কেলাসে উহাদের অণু-সংখ্যার অনুপাত $= \frac{6.019}{120} : \frac{6.306}{18} = 0.05016 : 0.353$.

এই সংখ্যাগুলিকে উহাদের মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 0·0516 দ্বারা ভাগ করিলে পাই,

$MgSO_4 : H_2O = \frac{0{\cdot}05016}{0{\cdot}05016} : \frac{0{\cdot}353}{0{\cdot}05016} = 1 : 7{\cdot}3 = 1 : 7$ (নিকটতম পূর্ণসংখ্যা ধরিয়া)।

সুতরাং, ম্যাগনেসিয়াম সালফেট স্ফটিকের সংকেত, $MgSO_4.7H_2O$.

(গ) **ওজন সম্পর্কিত : নিয়ম**—(i) যে-কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পূর্ণ ও সঠিকভাবে সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। (ii) সমীকরণে ব্যবহৃত মৌল ও যৌগের পারমাণবিক ও আণবিক ওজন উহাদের সংকেত হইতে বাহির করা হয়। (iii) এই ওজনগুলির অনুপাত এবং প্রদত্ত বিষয় হইতে নির্ণেয় ওজন গণনা করা হয়।

১৯। 5 গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুত কারতে কি পরিমাণ $KClO_3$ প্রয়োজন ?

উত্তর : $2KClO_3 + (MnO_2) = 2KCl + 3O_2 + (MnO_2)$

$2(39+35{\cdot}5+48) = 245 \qquad 3\times32 = 96$

সমীকরণ হইতে পাই, 96 গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে 245 গ্রাম $KClO_3$ প্রয়োজন। অতএব 5 গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে $\frac{245\times5}{96} = 12{\cdot}76$ গ্রাম $KClO_3$ প্রয়োজন।

২০। 216 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড হইতে যে পরিমাণ অক্সিজেন উৎপন্ন হয় তাহা কত পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে পাওয়া যাইবে ? (Hg=200).

উত্তর : (i) $2HgO = 2Hg + O_2$

$2(200+16) = 432 \qquad 16\times2 = 32$

432 গ্রাম HgO হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায় 32 গ্রাম। অতএব 216 গ্রাম HgO হইতে উৎপন্ন অক্সিজেনের পরিমাণ $= \frac{32\times216}{432} = 16$ গ্রাম।

(ii) $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

$2(39+35{\cdot}5+16\times3) = 245 \qquad 3(16\times2) = 96$

96 গ্রাম অক্সিজেন 245 গ্রাম $KClO_3$ হইতে পাওয়া যায়। অতএব 16 গ্রাম অক্সিজেন পাইতে $\frac{245\times16}{96} = 40{\cdot}83$ গ্রাম $KClO_3$ প্রয়োজন।

সুতরাং $KClO_3$-এর নির্ণেয় ওজন = 40·83 গ্রাম।

২১। ম্যাগনেটাইট আকরিকে শতকরা 60 ভাগ Fe_3O_4 আছে। এই আকরিকের 50 কিলোগ্রাম হইতে কত লোহা পাওয়া যাইবে ? (Fe=56).

উত্তর : $Fe_3O_4 + 4C = 3Fe + 4CO$

$(56\times3+64) = 232 \qquad 56\times3 = 168$

50 কিলোগ্রাম আকরিকে অক্সাইডের পরিমাণ $= \frac{60\times50}{100} = 30$ কিলোগ্রাম।

যেহেতু 232 কিলোগ্রাম অক্সাইড হইতে 168 কিলোগ্রাম লোহা পাওয়া যায় ; অতএব 30 কিলোগ্রাম অক্সাইড হইতে $\frac{168}{232} \times 30 = 21.72$ কিলোগ্রাম লোহা পাওয়া যাইবে।

২২। বায়ুতে ওজন হিসাবে 23% অক্সিজেন আছে। 500 গ্রাম বায়ু হইতে সমস্ত অক্সিজেন অপসারণ করিতে কি পরিমাণ ফসফরাসের প্রয়োজন ? অবশিষ্ট গ্যাসের ওজন কত ?

উত্তর : 100 গ্রাম বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণ = 23 গ্রাম। অতএব 500 গ্রাম বায়ুতে $23 \times 5 = 115$ গ্রাম অক্সিজেন আছে।

ফসফরাস দহনকালে বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া P_2O_5 গঠন করে ; ইহাতে বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারিত হয়।

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$
$$4 \times 31 = 124 \quad 5 \times 16 \times 2 = 160$$

160 গ্রাম অক্সিজেনের জন্য 124 গ্রাম ফসফরাস দরকার। অতএব 115 গ্রাম অক্সিজেন অপসারণ করিতে প্রয়োজনীয় ফসফরাসের পরিমাণ $= \frac{124 \times 115}{160} = 89.125$ গ্রাম এবং অবশিষ্ট গ্যাসের ওজন $= (500 - 115) = 335$ গ্রাম।

২৩। 50 গ্রাম চুনাপাথরের বিযোজনে কি পরিমাণ H_2SO_4 দরকার এবং কি পরিমাণ ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হইবে ?

উত্তর : $CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$

$$40+16+48=100 \quad 2+32+64=98 \quad 40+32+64=136$$

100 গ্রাম $CaCO_3$ 98 গ্রাম H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় 136 গ্রাম $CaSO_4$ উৎপন্ন করে। ∴ 50 গ্রাম $CaCO_3$ $\frac{98 \times 50}{300} = 49$ গ্রাম H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় $\frac{136 \times 50}{100} = 68$ গ্রাম $CaSO_4$ উৎপন্ন করে।

সুতরাং 49 গ্রাম H_2SO_4 প্রয়োজন এবং উৎপন্ন $CaSO_4$-এর পরিমাণ = 68 গ্রাম।

২৪। C-85%, H-5% ও O-10% বিশিষ্ট একটি কয়লার নমুনার 1.5 গ্রাম পরিমাণ শুষ্ক ও CO_2-মুক্ত বায়ু প্রবাহে সম্পূর্ণরূপে পোড়ান হইল। উৎপন্ন পদার্থ যথাক্রমে $CaCl_2$ ও সোডা-চুন ভর্তি দুইটি ওজন করা U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে U-নল দুইটির ওজনের কি পার্থক্য হইবে তাহা গণনা কর।

উত্তর : 1.5 গ্রাম কয়লায় কার্বনের পরিমাণ $= \frac{85 \times 1.5}{100} = 1.275$ গ্রাম ও হাইড্রোজেনের পরিমাণ $= \frac{5 \times 1.5}{100} = 0.075$ গ্রাম। বায়ু প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে কার্বন ও হাইড্রোজেন পুড়িয়া যথাক্রমে CO_2 ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে এবং ইহারা যথাক্রমে

সোডা-চুন ও $CaCl_2$ ভর্তি U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহকালে শোষিত হয় এবং উহাদের ওজন বৃদ্ধি পায়।

(i) $C+O_2=CO_2$ (ii) $2H_2+O_2=2H_2O$

12 $12+32=44$ $2\times2=4$ $2\times18=36$

(i) নং সমীকরণ হইতে পাই, 12 গ্রাম কার্বন পুড়িয়া 44 গ্রাম CO_2 উৎপন্ন করে। অতএব 1·275 গ্রাম কার্বন হইতে উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ $=\frac{44\times1{\cdot}275}{12}=4{\cdot}675$ গ্রাম।

(ii) নং সমীকরন হইতে পাই, 4 গ্রাম হাইড্রোজেন পুড়িয়া 36 গ্রাম জলীয় বাষ্প গঠন করে। অতএব 0·075 গ্রাম হাইড্রোজেন হইতে $\frac{36\times0{\cdot}075}{4}=0{\cdot}675$ গ্রাম জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয়।

স্থতরাং $CaCl_2$ ও সোডা-চুন ভর্তি U-নল দুইটির ওজন বৃদ্ধি যথাক্রমে 0·675 গ্রাম এবং 4·675 গ্রাম।

২৫। 30 গ্রাম $KClO_3$ হইতে উৎপন্ন অক্সিজেনকে জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত হাইড্রোজেনের সহিত সংযোজিত করিয়া জলে পরিণত করা হইলে কি পরিমাণ জিঙ্কের প্রয়োজন হইবে? ($K=39$, $Zn=65$, $Cl=35{\cdot}5$).

উত্তর: (i) $2KClO_3=2KCl+3O_2$ (ii) $2H_2+O_2=2H_2O$

245 96 4 32

(i) সমীকরণ হইতে পাই, 245 গ্রাম $KClO_3$ হইতে 96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়। অতএব 30 গ্রাম $KClO_3$ হইতে $\frac{96\times30}{245}=11{\cdot}75$ গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যাইবে। ইহাই হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় জল উৎপন্ন করে।

(ii) সমীকরণ হইতে পাই, 32 গ্রাম অক্সিজেন 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত মিলিয়া জল উৎপন্ন করে। অতএব জল প্রস্তুতিতে 11·75 গ্রাম অক্সিজেন $\frac{4\times11{\cdot}75}{32}=$ 1·469 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

আবার $\underset{65}{Zn}+H_2SO_4=ZnSO_4+\underset{2}{H_2}$ সমীকরণ হইতে পাই, 2 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে 65 গ্রাম জিঙ্কের প্রয়োজন। অতএব 1·469 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে $\frac{65\times1{\cdot}469}{2}=47{\cdot}74$ গ্রাম জিঙ্কের প্রয়োজন হইবে।

২৬। 2·64% সাধারণ লবণ দ্রবীভূত আছে এরূপ এক লিটার সমুদ্রের জল (আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·03) বাষ্পীভূত করা হইল। উৎপন্ন লবণকে Na_2SO_4-এ রূপান্তরিত করিতে কি পরিমাণ H_2SO_4-এর প্রয়োজন হইবে?

উত্তর: 1 লিটার সমুদ্রের জলের ওজন $=1000\times1{\cdot}03=1030$ গ্রাম। যেহেতু

সমুদ্রের জলে 2·64% সাধারণ লবণ NaCl আছে ; অতএব NaCl-এর পরিমাণ $=\frac{2{\cdot}64\times1030}{100}=27{\cdot}192$ গ্রাম।

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$
$$2(23+35{\cdot}5)=117 \quad 98$$

সমীকরণ হইতে পাই, 117 গ্রাম NaCl-এর সহিত 98 গ্রাম H_2SO_4 ক্রিয়া করিয়া Na_2SO_4 উৎপন্ন করে। অতএব 27·192 গ্রাম NaCl-এর সহিত বিক্রিয়ায় $\frac{98\times27{\cdot}192}{117}=2{\cdot}277$ গ্রাম H_2SO_4 প্রয়োজন।

২৭। 1·46 আপেক্ষিক গুরুত্বের নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণে 60% অ্যাসিড আছে। এই নমুনার কি পরিমাণ অ্যাসিড 5 গ্রাম CuO দ্রবীভূত করে? (Cu=63·5).

উত্তর : $CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$
$63{\cdot}5+16=79{\cdot}5 \quad 2(1+14+48)=126$

79·5 গ্রাম CuO দ্রবীভূত করিতে 126 গ্রাম HNO_3 দরকার। 5 গ্রাম CuO দ্রবীভূত করিতে $\frac{126\times5}{79{\cdot}5}=7{\cdot}92$ গ্রাম HNO_3 দরকার হয়।

এখন 60 গ্রাম HNO_3 অ্যাসিড 100 সি. সি. নাইট্রিক অ্যাসিডে থাকে বলিয়া 7·92 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড $\frac{100}{60}\times7{\cdot}92=13{\cdot}2$ সি. সি. HNO_3-এ বর্তমান থাকে। কিন্তু HNO_3-এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·46, অতএব 13·2 সি. সি. HNO_3-এর ওজন $=13{\cdot}2\times1{\cdot}46=19{\cdot}272$ গ্রাম। সুতরাং HNO_3-এর পরিমাণ $=19{\cdot}272$ গ্রাম।

২৮। কোন এক খড়িমাটির নমুনায় অশুদ্ধি হিসাবে কাদামাটি আছে। ইহা অবিরত উত্তাপে 14·5% ওজন কমে। 5 গ্রাম খড়িমাটি উত্তপ্ত করিলে 1·507 গ্রাম মোট ওজন হ্রাস (CO_2 ও জলীয় বাষ্প নির্গম হেতু) পায়। নমুনায় খড়িমাটির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

উত্তর : মনে কর, 5 গ্রাম নমুনায় বিশুদ্ধ খড়িমাটির পরিমাণ = x গ্রাম ; সুতরাং কাদামাটির পরিমাণ = (5 − x) গ্রাম।

$CaCO_3 = CaO + CO_2$; উত্তাপ প্রয়োগে 100 গ্রাম খড়িমাটির 44 গ্রাম হ্রাস
100 $\quad$ 44

পায়। অতএব x গ্রাম খড়িমাটির ওজন হ্রাসের পরিমাণ = 0·44x গ্রাম। যেহেতু 100 গ্রাম কাদামাটি উত্তাপে 14·5 গ্রাম ওজনে হ্রাস পায়, অতএব (5 − x) গ্রাম কাদামাটির জন্য ওজন-হ্রাস $=0{\cdot}145\times(5-x)$ গ্রাম।

অতএব $0{\cdot}44x+0{\cdot}145(5-x)=1{\cdot}507$; $x=2{\cdot}65$.

সুতরাং নমুনায় খড়িমাটির শতকরা পরিমাণ $=\frac{2{\cdot}65\times100}{5}=53{\cdot}0$.

২৯। 1·84 গ্রাম $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$-এর মিশ্রণকে ওজন হ্রাস না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে 0·96 গ্রাম অবশেষ পাওয়া যায়। মিশ্রণের উপাদানগুলির শতকরা পরিমাণ গণনা কর।

উত্তর : মনে কর, মিশ্রণে $CaCO_3$-এর পরিমাণ = x গ্রাম ; সুতরাং $MgCO_3$-এর পরিমাণ = (1·84 − x) গ্রাম।

(i) $CaCO_3 = CaO + CO_2$; (ii) $MgCO_3 = MgO + CO_2$
100 56 84 40

(i) হইতে পাই, 100 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে 56 গ্রাম CaO অবশেষ থাকে ; অতএব x গ্রাম $CaCO_3$ হইতে $\frac{56x}{100}$ গ্রাম CaO অবশেষ থাকে।

আবার (ii) হইতে পাই, 84 হইতে $MgCO_3$ হইতে 40 গ্রাম MgO অবশেষ থাকে ; অতএব (1·84 − x) গ্রাম $MgCO_3$ হইতে $\frac{40}{84} \times (1{\cdot}84 - x)$ গ্রাম MgO অবশেষ থাকে। যেহেতু মোট অবশেষ = (CaO + MgO) = 0·96 গ্রাম ;

সুতরাং $\frac{56x}{100} + \frac{40 \times (1{\cdot}84 - x)}{84} = 0{\cdot}96$. $\therefore$ x = 1 গ্রাম।

অতএব উপরোক্ত মিশ্রণে $CaCO_3$-এর পরিমাণ = 1 গ্রাম এবং $MgCO_3$-এর পরিমাণ = 0·84 গ্রাম। সুতরাং মিশ্রণে $CaCO_3 = \frac{1 \times 100}{1{\cdot}84} = 54{\cdot}35\%$ এবং $MgCO_3 = \frac{0{\cdot}84 \times 100}{1{\cdot}84} = 45{\cdot}65\%$ আছে।

৩০। 20 সি. সি. HCl (আপেক্ষিক ঘনত্ব = 1·55) 15 গ্রাম মার্বেল পাথরে যোগ করা হইল। বিক্রিয়ার পর দেখা গেল, 5·5 গ্রাম মার্বেল অবিকৃত অবস্থায় পড়িয়া আছে। ওজন হিসাবে HCl নমুনার শতকরা পরিমাণ কত ?

উত্তর : আমরা পাই, ব্যবহৃত $CaCO_3$-এর পরিমাণ = (15 − 5·5) = 9·5 গ্রাম।

$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$
100 2 × 36·5 = 73

100 গ্রাম $CaCO_3$-এর সহিত 73 গ্রাম HCl বিক্রিয়া করে। অতএব 9·5 গ্রাম $CaCO_3$ বিক্রিয়া করিতে প্রয়োজন হয় $\frac{73 \times 9{\cdot}5}{100} = 6{\cdot}935$ গ্রাম HCl.

কিন্তু 20 সি. সি HCl দ্রবণের ওজন = 20 × 1·55 = 31·0 গ্রাম। অতএব 31·0 গ্রাম HCl দ্রবণে 6·935 গ্রাম HCl বিদ্যমান। সুতরাং ওজন হিসাবে নমুনায় HCl-এর শতকরা মাত্রা = $\frac{6{\cdot}935 \times 100}{31{\cdot}0} = 22{\cdot}37$.

৩১। 2·4 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত 10 গ্রাম HCl-এর বিক্রিয়ায় কি পরিমাণ হাইড্রোজেন পাওয়া যায় ?

উত্তর : $Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$
24 2 × 36·5 = 73 2

সমীকরণ হইতে পাই Mg ও HCl-এর অনুপাত = 24 : 73, অর্থাৎ 2·4 : 7·3.

সুতরাং বিক্রিয়ায় HCl উদ্বৃত্ত থাকে। যেহেতু 24 গ্রাম Mg উৎপন্ন করে 2 গ্রাম H_2 ; অতএব উৎপন্ন হাইড্রোজেনের পরিমাণ$=\frac{2\times 2\text{·}4}{24}=0\text{·}2$ গ্রাম।

৩২। ধাতব আয়রন হইতে 15 গ্রাম অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড প্রস্তুত করিবার জন্য প্রয়োজনীয় পরিমাণ ক্লোরিন HCl হইতে উৎপন্ন করিতে কি পরিমাণ পাইরোলুসাইট লাগিবে? পাইরোলুসাইটে ওজন হিসাবে 60% MnO_2 আছে। (Fe=55·8 ; Mn=55).

উত্তর : $2Fe+3Cl_2=2FeCl_3$ সমীকরণ হইতে পাই, $2\times 55\text{·}8$ গ্রাম আয়রণের জন্য 3×71 গ্রাম ক্লোরিন প্রয়োজন। অতএব, 15 গ্রাম আয়রণের জন্য প্রয়োজনীয় ক্লোরিনের পরিমাণ$=\frac{3\times 71\times 15}{2\times 55\text{·}8}=28\text{·}629$ গ্রাম।

আবার, $MnO_2+4HCl=MnCl_2+2H_2O+Cl_2$ সমীকরণ হইতে পাই, 71 গ্রাম ক্লোরিন $(55+J6\times 2)=87$ গ্রাম MnO_2 হইতে পাওয়া যায়। অতএব 28·629 গ্রাম ক্লোরিন $\frac{87\times 28\text{·}629}{71}=35\text{·}080$ গ্রাম MnO_2 হইতে পাওয়া যাইবে।

কিন্তু 100 গ্রাম পাইরোলুসাইটে MnO_2-এর পরিমাণ 60 গ্রাম। সুতরাং 35·080 গ্রাম MnO_2 বিদ্যমান থাকে$\frac{100\times 35\text{·}080}{60}=58\text{·}346$ গ্রাম পাইরোলুসাইটে।

অতএব পাইরোলুসাইটের পরিমাণ=58·346 গ্রাম।

৩৩। KCl ও KI-এর মিশ্রণকে K_2SO_4-এ রূপান্তরিত করিলে উৎপন্ন সালফেটের ওজন মিশ্রণটির মূল ওজনের সমান থাকে। মিশ্রণে KCl ও KI-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (I=127).

উত্তর : মনে কর, মিশ্রণের ওজন 1 গ্রাম এবং উহাতে KCl-এর পরিমাণ=x গ্রাম ; ∴ KI-এর পরিমাণ=(1−x) গ্রাম।

$$\text{(i)}\quad 2KCl+H_2SO_4 = K_2SO_4+2HCl$$
$$2(39+35\text{·}5)=149 \qquad 73+\ 2+68=174$$
$$\text{(ii)}\quad 2KI+2H_2SO_4 = K_2SO_4+2H_2O+SO_2+I_2$$
$$2(39+127)=332 \qquad 174$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ হইতে পাই, 149 গ্রাম KCl হইতে 174 গ্রাম K_2SO_4 এবং 332 গ্রাম KI হইতে 174 গ্রাম K_2SO_4 উৎপন্ন হয়। অতএব x গ্রাম KCl হইতে $\frac{174x}{194}$ গ্রাম K_2SO_4 এবং (1−x) গ্রাম KI হইতে $\frac{174}{332}\times(1-x)$ গ্রাম K_2SO_4 উৎপন্ন হয়।

সুতরাং উৎপন্ন K_2SO_4-এর মোট ওজন$=\frac{174x}{149}+\frac{174}{332}\times(1-x)=1$ (মূল ওজন) ∴ $x=0\text{·}7394$ গ্রাম=KCl-এর ওজন।

অতএব মিশ্রণে KCl-এর শতকরা পরিমাণ $=0.7394\times100=73.94$ এবং KI-এর পরিমাণ $=100-73.94=26.06$; অর্থাৎ মিশ্রণে 73.94% KCl এবং 26.06% KI আছে।

(ঘ) **ওজন ও আয়তন সম্পর্কিত : নিয়ম**—(i) রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রমাণ অবস্থায় (N. T. P.) বিক্রিয়ার শর্ত প্রকাশ করে। (ii) সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে (N. T. P.) সকল গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন 22.4 লিটার হয়। (iii) গ্যাসটি প্রমাণ অবস্থায় না থাকিলে গ্যাস সমীকরণ $\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}$-এর সাহায্যে উহাকে প্রমাণ অবস্থায় আয়তনে পরিবর্তিত করা হয়। (iv) প্রমাণ অবস্থায় এক লিটার যে কোন গ্যাসের ওজন = গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব × 0.089 গ্রাম। (v) গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব = 2 × গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব।

৩৪। প্রমাণ অবস্থায় 10 লিটার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করিতে কত NH_4Cl দরকার হইবে ?

উত্তর : $2NH_4Cl+Ca(OH)_2=2NH_3+CaCl_2+2H_2O$

2×53.5 গ্রাম　　　　2×22.4 লিটার

সমীকরণ হইতে পাই, প্রমাণ অবস্থায় 2×22.4 লিটার NH_3 প্রস্তুত করিতে 2×53.5 গ্রাম NH_4Cl দরকার। অতএব 10 লিটার NH_3 প্রস্তুত করিতে $\frac{2\times53.5}{2\times22.4}\times10=23.88$ গ্রাম NH_4Cl দরকার।

৩৫। 27°C উষ্ণতায় এবং প্রমাণ চাপে 2 লিটার CO_2 প্রস্তুত করিতে কত বিশুদ্ধ $CaCO_3$ লাগিবে ? কি পরিমাণ বিশুদ্ধ কার্বন সম-পরিমাণ CO_2 উৎপন্ন করিবে ?

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় 2 লিটার CO_2-এর আয়তন V লিটার হইলে আমরা পাই, $\frac{760\times V}{273}=\frac{760\times2}{273+23}$; অথবা $V=\frac{760\times2\times273}{300\times760}=1.82$ লিটার।

$CaCO_3=CaO+CO_2$

100　　　22.4 লিটার

প্রমাণ অবস্থায় 22.4 লিটার CO_2 তৈরী করিতে 100 গ্রাম $CaCO_3$ লাগে। অতএব 1.82 লিটার CO_2 তৈরী করিতে $\frac{100\times1.82}{22.4}=8.125$ গ্রাম $CaCO_3$ লাগিবে।

দ্বিতীয় অংশ— $C+O_2=CO_2$ সমীকরণ হইতে পাই, 22.4 লিটার CO_2 উৎপন্ন করিতে 12 গ্রাম বিশুদ্ধ কার্বনের প্রয়োজন হয়। অতএব 1.82 লিটার CO_2 প্রস্তুতিতে $\frac{12\times1.82}{22.4}=0.9752$ গ্রাম বিশুদ্ধ কার্বন দরকার।

৩৬। 1.5 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম লঘু H_2SO_4-এ দ্রবীভূত করিলে 15°C উষ্ণতায় এবং 780 মি. মি. চাপে কত আয়তনের হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে ?

উত্তর : $Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$

24   22·4 লিটার

প্রমাণ অবস্থায় 24 গ্রাম Mg হইতে 22·4 লিটার H_2 পাওয়া যায়। ∴ 1·5 গ্রাম Mg হইতে উৎপন্ন H_2-এর পরিমাণ $=\frac{22·4\times 1·5}{24}=1·40$ লিটার।

মনে করিলাম, প্রমাণ অবস্থায় 1·40 লিটার H_2-এর আয়তন 15°C উষ্ণতায় ও 780 মি. মি. চাপে V লিটার হয়। অতএব,

$\frac{780\times V}{273+15}=\frac{760\times 1·40}{273}$; অথবা $V=\frac{760\times 1·40\times 288}{273\times 780}=1·439$ লিটার।

সুতরাং নির্ণেয় হাইড্রোজেনের আয়তন = 1·439 লিটার।

৩৭। 25 গ্রাম জিঙ্কের সহিত লঘু HCl-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে পোড়াইতে 12°C উষ্ণতায় ও 780 মি. মি. চাপে কত আয়তন অক্সিজেন দরকার।

উত্তর : $Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$

65 গ্রাম   22·4 লিটার

65 গ্রাম জিঙ্ক প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিলে 25 গ্রাম জিঙ্ক $\frac{22·4\times 25}{65}=8·61$ লিটার H_2 উৎপন্ন করে।

$2H_2+O_2=2H_2O$ সমীকরণ হইতে পাই, 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়; অতএব 8·61 লিটার H_2 পোড়াইতে $\frac{1}{2}\times 8·61=4·305$ লিটার অক্সিজেন দরকার। এখন 12°C উষ্ণতায় ও 780 মি. মি. চাপে উপরোক্ত অক্সিজেনের আয়তন V লিটার হইলে,

$\frac{780\times V}{273+12}=\frac{760\times 4·305}{273}$; অর্থাৎ $V=\frac{760\times 4·305\times 285}{273\times 780}=4·378$ লিটার।

সুতরাং 4·378 লিটার অক্সিজেনের প্রয়োজন হইবে।

৩৮। 27°C উষ্ণতায় এবং 750 মি. মি. চাপে 0·855 লিটার হাইড্রোজেন প্রস্তুতির জন্য কি পরিমাণ জিঙ্ক অতিরিক্ত লঘু H_2SO_4-এ দ্রবীভূত করিতে হইবে? উৎপন্ন জিঙ্ক সালফেটের পরিমাণ কত হইবে। (Zn = 65 58 ; S = 32).

উত্তর : 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 0·855 লিটার হাইড্রোজেনের আয়তন প্রমাণ অবস্থায় V লিটার হইলে,

$\frac{760\times V}{273}=\frac{750\times 0·855}{273+27}$; অর্থাৎ $V=\frac{750\times 0·855\times 273}{300\times 760}=0·7681$ লিটার।

$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$

65·38   161·38   22·4 লিটার

65·38 গ্রাম জিঙ্ক হইতে 22·4 লিটার H_2 উৎপন্ন হয়। অতএব 0·7681 লিটার H_2 উৎপন্ন করিতে $\frac{65·38\times 0·7681}{22·4}=2·242$ গ্রাম জিঙ্ক প্রয়োজন।

আবার, 5·38 গ্রাম জিঙ্ক হইতে 61·38 গ্রাম $ZnSO_4$ উৎপন্ন হয়। সুতরাং 2·242 গ্রাম জিঙ্ক $\frac{161·38 \times 2·242}{65·38} = 55·24$ গ্রাম $ZnSO_4$ উৎপন্ন করিবে।

৩৯। 4·2 গ্রাম $NaHCO_3$-কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে কত আয়তন CO_2 পাওয়া যায় এবং কি পরিমাণ অবশেষ থাকে।

উত্তর : $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$

2×84 গ্রাম 106 গ্রাম 22·4 লিটার

$NaHCO_3$-এর বিযোজনে Na_2CO_3 অবশেষ হিসাবে পড়িয়া থাকে কারণ অন্যান্য ধাতব কার্বনেটের মত Na_2CO_3 অধিক উষ্ণতায়ও বিযোজিত হয় না।

সুতরাং 2×84 গ্রাম $NaHCO_3$ হইতে 106 গ্রাম Na_2CO_3 এবং প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার CO_2 উৎপন্ন হয় ; অতএব 4·2 গ্রাম $NaHCO_3$ উত্তপ্ত করিলে $\frac{106 \times 4·2}{2 \times 84} = 2·65$ গ্রাম Na_2CO_3 (অবশেষ) এবং প্রমাণ অবস্থায় $\frac{22·4 \times 4·2}{2 \times 84} =$ 0·56 লিটার CO_2 পাওয়া যায়।

এখন 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন V লিটার হইলে, $\frac{750 \times V}{273+27} = \frac{760 \times 0·65}{273}$; অর্থাৎ $V = \frac{760 \times 0·56 \times 300}{273 \times 750} = 0·6234$ লিটার।

সুতরাং অবশেষের পরিমাণ = 2·65 গ্রাম এবং উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন = 0·6234 লিটার।

৪০। বায়ুর আয়তনের 20·2% অক্সিজেন থাকিলে 25°C উষ্ণতায় এবং 765 মি. মি. চাপে 0·5 গ্রাম সালফার সম্পূর্ণরূপে পোড়াইতে কত আয়তন বায়ু প্রয়োজন।

উত্তর : $S + O_2 = SO_2$ সমীকরণ হইতে পাই, 32 গ্রাম সালফার পোড়াইতে প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার অক্সিজেন দরকার। অতএব 0·5 গ্রাম সালফার পোড়াইতে প্রমাণ অবস্থায় $\frac{22·4 \times 0·5}{32} = 0·35$ লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হয়।

যেহেতু বায়ুতে আয়তনের 20·8% অক্সিজেন বিদ্যমান অর্থাৎ 100 লিটার বায়ুতে অক্সিজেন থাকে 20·8 লিটার, অতএব 0·35 লিটার অক্সিজেন $\frac{100 \times 0·35}{20·8} = 1·682$ লিটার বায়ুতে আছে। আমরা জানি, উষ্ণতা ও চাপের পার্থক্যে সকল গ্যাসের আয়তন একই হারে পরিবর্তিত হয়। এখন প্রমাণ অবস্থায় 1·682 লিটার বায়ুর আয়তন 25°C এবং 765 মি. মি. চাপে V লিটার হইলে,

$$\frac{765 \times V}{273+25} = \frac{760 \times 1·682}{273} \text{ ; অথবা } V = \frac{760 \times 1·682 \times 298}{273 \times 765} = 1·824 \text{ লিটার।}$$

৪১। বায়ুর ওজনের 23% অক্সিজেন হইলে 30°C উষ্ণতায় ও 755 মি. মি. চাপে 50 লিটার বায়ু কি পরিমাণ সালফারকে SO_2-এ পরিণত করিবে ?

উত্তর : 30°C উষ্ণতায় ও 755 মি. মি. চাপে 50 লিটার বায়ুর আয়তন প্রমাণ অবস্থায় V লিটার হইলে,

$\frac{760\times V}{273}=\frac{755\times 50}{273\times 30}$; অর্থাৎ $V=\frac{755\times 50\times 273}{303\times 760}$ লিটার।

আমরা জানি, বায়ুর ঘনত্ব=14·4 এবং প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার H_2-এর ওজন =0·089 গ্রাম ; অতএব V লিটার বায়ুর ওজন $=\frac{755\times 50\times 275}{303\times 763}\times 0{\cdot}089$ $\times 14{\cdot}4=57{\cdot}37$ গ্রাম।

বায়ুতে ওজন হিসাব 23% অক্সিজেন আছে বলিয়া 57·37 গ্রাম বায়ুতে $\frac{23\times 57{\cdot}37}{100}=13{\cdot}2$ গ্রাম O_2 বিদ্যমান।

আবার $S+O_2=SO_2$ সমীকরণ হইতে পাই, 32 গ্রাম অক্সিজেন 32 গ্রাম সালফারকে SO_2-এ পরিণত করে, অতএব 13·2 গ্রাম অক্সিজেনের জন্য প্রয়োজন 13·2 গ্রাম সালফার।

৪২। 27°C উষ্ণতায় এবং 750 মি. মি. চাপে 1520 সি. সি. একটি গ্যাস-মিশ্রণে 20% মিথেন এবং 80% কার্বন মনোক্সাইড আছে। মিশ্রণটি সম্পূর্ণ জারণের জন্য যে অক্সিজেন প্রয়োজন তাহা কি পরিমাণ $KClO_3$ হইতে পাওয়া যাইবে ?

উত্তর : N. T. P.-তে গ্যাস মিশ্রণটির আয়তন V সি. সি. হইলে,

$\frac{760\times V}{273}=\frac{1520\times 750}{273+27}$; অর্থাৎ $V=\frac{1520\times 750\times 273}{300\times 760}=1366$ সি.সি.।

এখন মিশ্রণটিতে CH_4-এর পরিমাণ $=\frac{1366\times 20}{100}=273{\cdot}2$ সি. সি. এবং CO -এর পরিমাণ $=\frac{1366\times 80}{100}=1092{\cdot}8$ সি. সি.।

(i) $CH_4 + 2O_2 = CO_2+2H_2O$; (ii) $2CO + O_2=2CO_2$

1 আয়তন 2 আয়তন 2 আয়তন 1 আয়তন

সমীকরণ হইতে পাই, প্রমাণ অবস্থায় জারণ-ক্রিয়ায় 273·2 সি. সি. CH_4-এর জন্য $2\times 273{\cdot}2=546{\cdot}4$ সি. সি. O_2 এবং 1092·8 সি. সি. CO-এর জন্য $\frac{1}{2}\times 1092{\cdot}8$ $=546{\cdot}4$ সি. সি. O_2 প্রয়োজন হয়। ∴ N. T. P.-তে প্রয়োজনীয় মোট O_2-এর আয়তন$=(546{\cdot}4+546{\cdot}4)=1092{\cdot}8$ সি. সি.$=1{\cdot}0928$ লিটার।

আবার $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

$2\times 122{\cdot}5$ গ্রাম $3\times 22{\cdot}4$ লিটার

অর্থাৎ $3\times 22{\cdot}4$ লিটার O_2 প্রস্তুতিতে $2\times 122{\cdot}5$ গ্রাম $KClO_3$ প্রয়োজন। অতএব 1·0928 লিটার O_2 প্রস্তুত করিতে $\frac{2\times 122{\cdot}5\times 1{\cdot}0928}{3\times 22{\cdot}4}=3{\cdot}984$ গ্রাম $KClO_3$ প্রয়োজন হইবে।

৪৩। একটি গ্যাস-মিশ্রণে আয়তন হিসাবে 46% H_2, 40% CH_4 এবং 14% CO আছে। ইহার 100 সি. সি. সম্পূর্ণরূপে দহন করিতে 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে কত আয়তন বায়ুর প্রয়োজন। বায়ুতে আয়তন হিসাবে 21% অক্সিজেন আছে।

উত্তর : 100 সি. সি. গ্যাস-মিশ্রণে 46 সি.সি. হাইড্রোজেন, 40 সি. সি. মিথেন এবং 14 সি. সি. কার্বন মনোক্সাইড আছে।

(i) $2H_2+O_2=2H_2O$; (ii) $CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$
(iii) $2CO+O_2=2CO_2$

সমীকরণ হইতে পাই, প্রমাণ অবস্থায় সম্পূর্ণভাবে দহন ক্রিয়ায় 46 সি. সি. H_2-এর জন্য $\frac{1}{2}\times 46=23$ সি. সি. O_2, 40 সি. সি. CH_4-এর জন্য $2\times 40=80$ সি. সি. O_2 এবং 14 সি. সি. CO-এর জন্য $\frac{1}{2}\times 14=7$ সি. সি. O_2 প্রয়োজন হয়। অতএব প্রমাণ অবস্থায় প্রয়োজনীয় O_2-এর মোট আয়তন $=(23+80+7)=110$ মি. মি.।

এখন প্রমাণ অবস্থায় 110 সি.সি. O_2-এর আয়তন 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি.মি. চাপে V সি. সি. হইলে,

$\frac{720\times V}{273+27}=\frac{760\times 110}{273}$; অথবা $V=\frac{760\times 110\times 300}{273\times 750}=122.5$ সি. সি.।

যেহেতু 100 সি. সি. বায়ুতে 21 সি. সি. O_2 বিদ্যমান, অতএব 122.5 সি. সি. O_2 পাইতে $\frac{100\times 122.5}{21}=583.3$ সি. সি. বায়ু প্রয়োজন হয়।

সুতরাং প্রয়োজনীয় বায়ুর পরিমাণ = 583.3 সি. সি.।

৪৪। এক গ্রাম $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$-এর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে N.T.P.-তে 240 সি. সি. CO_2 পাওয়া যায়। মিশ্রণটির শতকরা সংযুতি গণনা কর।

উত্তর : মনে কর, মিশ্রণে $CaCO_3$-এর পরিমাণ $=x$ গ্রাম ; সুতরাং $MgCO_3$-এর পরিমাণ $=(1-x)$ গ্রাম।

(i) $CaCO_3 = CaO + CO_2$ (ii) $MgCO_3=MgO+CO_2$
100 গ্রাম 22.4 লিটার 84 22.4 লিটার

সমীকরণ হইতে পাই, N. T. P.-তে 100 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে 22.4 লিটার CO_2 এবং 84 গ্রাম $MgCO_3$ হইতে 22.4 লিটার CO_2 পাওয়া যায় ; অতএব x গ্রাম CO_2 হইতে $\frac{22.4x}{100}$ লিটার CO_2 এবং $(1-x)$ গ্রাম $MgCO_3$ হইতে $\frac{22.4\times(1-x)}{84}$ লিটার CO_2 পাওয়া যায়। অতএব N. T. P.-তে উৎপন্ন মোট CO_2-এর পরিমাণ $=\frac{22.4x}{100}+\frac{22.4\times(1-x)}{84}=0.24$ ($\because$ 240 সি. সি. = 0.24 লিটার)। অর্থাৎ $x=0.625$ গ্রাম।

সুতরাং 1 গ্রাম মিশ্রণে 0.625 গ্রাম $CaCO_3$ এবং $(1-0.625)=0.375$ গ্রাম $MgCO_3$ আছে। অতএব মিশ্রণে $CaCO_3=0.625\times 100=62.5\%$ এবং $MgCO_3=0.375\times 100=37.5\%$ বর্তমান।

৪৫। একটি নমুনার ফেরাস সালফাইডে লঘু HCl মিশাইয়া যে H_2S পাওয়া যায় তাহাতে আয়তন হিসাবে 5% হাইড্রোজেন মিশ্রিত থাকে। ঐ FeS-এ আয়রণের শতকরা পরিমাণ কত ?

উত্তর : ফেরাস সালফাইডে আয়রণের পরিমাণ x% হইলে, 100 গ্রাম নমুনায় $(100-x)$ গ্রাম FeS ও x গ্রাম আয়রণ থাকে।

(i) $FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S$ (ii) $Fe + 2HCl = FeCl + H_2$

$(56+32) = 88$ গ্রাম 22·4 লিটার 56 গ্রাম 22·4 লিটার

সমীকরণ হইতে পাই, প্রমাণ অবস্থায় $(100-x)$ গ্রাম FeS হইতে $\frac{22\cdot4\times(100-x)}{88}$ লিটার H_2S এবং x গ্রাম Fe হইতে $\frac{22\cdot4\times x}{56}$ লিটার H_2 উৎপন্ন হয়। কিন্তু গ্যাস-মিশ্রণে উৎপন্ন H_2S ও H_2-এর আয়তনিক অনুপাত 95 : 5 থাকে।

$\therefore \frac{22\cdot4\times(100-x)}{88} : \frac{22\cdot4x}{56} = 95 : 5$; অর্থাৎ $x = 3\cdot241$.

সুতরাং নমুনায় মুক্ত আয়রণের শতকরা পরিমাণ = 3·241.

৪৬। 0·0321 গ্রাম অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম (অক্সাইড মিশ্রিত) লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়ায় 23°C উষ্ণতায় ও 756 মি. মি. চাপে 39·82 সি. সি. আর্দ্র হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। উহাতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের শতকরা পরিমাণ কত ? (23°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 20·88 সি. সি.)।

উত্তর : আমরা জানি, $\frac{PV}{T} = \frac{(P_1 - f)V_1}{T_1}$, (f = জলীয় বাষ্পের চাপ)।

N. T. P.-তে শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন V সি. সি. হইলে,

$\frac{765\times V}{273} = \frac{(756-20\cdot88)\times39\cdot82}{273\times23}$; অর্থাৎ $V = \frac{735\cdot12\times39.82\times273}{296\times760}$

= 35·53 সি. সি.।

$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$

2×27 গ্রাম 3×22·4 লিটার

3×22·4 লিটার হাইড্রোজেন 2×27 = 54 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম হইতে উৎপন্ন হয়; অতএব 35·53 সি. সি. = 0·03553 লিটার হাইড্রোজেন পাওয়া যায় $\frac{54\times0\cdot03553}{3\times22\cdot4} = 0\cdot02856$ গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম হইতে।

সুতরাং 0·0321 গ্রাম অবিশুদ্ধ নমুনায় 0·02856 গ্রাম বিশুদ্ধ Al আছে। অতএব বিশুদ্ধ Al-এর শতকরা পরিমাণ = $\frac{0\cdot02856\times100}{0\cdot0321} = 88\cdot97$.

৪৭। 1·3158 গ্রাম মার্বেল পাথরের নমুনা বায়ু-মুক্ত যন্ত্রে লইয়া HCl সহযোগে উত্তপ্ত করিয়া দ্রবীভূত করা হইল; নির্গত গ্যাস অ্যাসিড বাষ্প হইতে মুক্ত করিয়া

শুষ্ক অবস্থায় মাপিলে 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 311·8 সি. সি. হইল। একই নমুনার 1·0526 গ্রাম অত্যধিক উত্তাপে সমুদয় গ্যাস নির্গত করিয়া 0·6126 গ্রাম অবশেষ দেয়। প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসটির প্রমাণ ঘনত্ব ও আণবিক গুরুত্ব গণনা কর।

উত্তর : উল্লিখিত 311·8 সি. সি. গ্যাসের আয়তন প্রমাণ অবস্থায় V সি. সি. হইলে,

$$\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 311{\cdot}8}{273+27} \text{ ; অর্থাৎ } V = \frac{750 \times 311{\cdot}8 \times 273}{300 \times 760} = 280 \text{ সি. সি.।}$$

এখন 1·3158 গ্রাম মার্বেল প্রমাণ অবস্থায় 280 সি. সি. গ্যাস নির্গত করে; অতএব 1·0526 গ্রাম মার্বেল প্রমাণ অবস্থায় নির্গত করে $\frac{280 \times 1{\cdot}0527}{1{\cdot}3158} = 224$ সি. সি. গ্যাস। আবার 1·0526 গ্রাম মার্বেল 224 সি. সি. গ্যাস নির্গত করিয়া 0·6126 গ্রাম অবশেষ রাখে।

∴ প্রমাণ অবস্থায় 224 সি. সি. গ্যাসের ওজন = (1·0526 − 0·6126) = 0·44 গ্রাম। সুতরাং প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসের ঘনত্ব $= \frac{0{\cdot}44}{224} = 0{\cdot}001964$ গ্রাম/সি. সি.।

প্রমাণ অবস্থায় 1 সি. সি. গ্যাসের ওজন 0·001964 হইলে, ইহার গ্রাম-আণবিক আয়তন তথা 22·4 লিটারের ওজন = 0·001964 × 22·4 × 1000 = 44 গ্রাম।

সুতরাং গ্যাসটির আণবিক ওজন = 44.

৪৮। লঘু H_2SO_4-এ ওজনের অনুপাতে 65% অ্যাসিড আছে এবং উহার ঘনত্ব 1·56 ; 30 সি. সি. অ্যাসিড 25 গ্রাম জিঙ্কের সহিত মিশাইলে 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন কত হইবে ? (Zn = 65).

উত্তর : 30 সি. সি. H_2SO_4-এর ওজন = 30 × 1·56 = 46·8 গ্রাম। যেহেতু 100 গ্রাম লঘু অ্যাসিডে 65 গ্রাম H_2SO_4 আছে, অতএব 46·8 গ্রাম লঘু অ্যাসিডে H_2SO_4-এর পরিমাণ $= \frac{65 \times 46{\cdot}8}{100} = 30{\cdot}42$ গ্রাম।

$$\underset{65 \text{ গ্রাম}}{Zn} + \underset{98 \text{ গ্রাম}}{H_2SO_4} = ZnSO_4 + \underset{22{\cdot}4 \text{ লিটার}}{H_2}$$

সমীকরণ হইতে পাই, 30·42 গ্রাম H_2SO_4-এর জন্য $\frac{65 \times 30{\cdot}42}{98} = 20{\cdot}17$ গ্রাম জিঙ্ক দরকার। অতএব এই বিক্রিয়ায় (25·0 − 20·17) = 4·83 গ্রাম জিঙ্ক অবশেষ থাকিবে এবং সমস্ত H_2SO_4 বিক্রিয়া ঘটাইয়া H_2 উৎপন্ন করিবে।

N. T. P.-তে 30·42 গ্রাম H_2SO_4 হইতে $\frac{22{\cdot}4 \times 30{\cdot}42}{98} = 6{\cdot}953$ লিটার H_2 পাওয়া যায়। ইহার আয়তন 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে V লিটার হইলে,

$$\frac{750\ V}{273+27} = \frac{760 \times 6{\cdot}953}{273} \text{ ; অর্থাৎ } V = \frac{760 \times 6{\cdot}953 \times 300}{273 \times 750} = 7{\cdot}741 \text{ লিটার।}$$

সুতরাং উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন = 7·741 লিটার।

৪৯। 10 গ্রাম জিঙ্কের সহিত H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে 50 গ্রাম শুষ্ক ও বিশুদ্ধ উত্তপ্ত CuO-এর উপর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। অবশেষের ওজন এবং 100°C উষ্ণতায় ও 76 সে.মি. চাপে গ্যাসের আয়তন কত? (Cu=63·5).

উত্তর : $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$ সমীকরণ হইতে পাই, 10 গ্রাম জিঙ্কের সহিত H_2SO_4 বিক্রিয়া করিয়া $\frac{2\times10}{65}=0·3077$ গ্রাম H_2 উৎপন্ন করে। এই হাইড্রোজেন উত্তপ্ত CuO-এর উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে ধাতব কপার উৎপন্ন করে এবং জলীয় বাষ্প নির্গত হয়।

$CuO+H_2=Cu+H_2O$ সমীকরণ হইতে পাই, 2 গ্রাম H_2 ও (63·5+16) =79·5 গ্রাম CuO বিক্রিয়া করিয়া 63·5 গ্রাম ধাতব কপার এবং প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার জলীয় বাষ্প গঠন করে। অতএব 0·3077 গ্রাম H_2-এর সহিত $\frac{79·5\times0·3077}{2}=12·231$ গ্রাম CuO বিক্রিয়া করে এবং $\frac{63·5\times0·3077}{2}=9·769$ গ্রাম কপার গঠন করে ও প্রমাণ অবস্থায় $\frac{22·4\times0·3077}{2}=3·446$ লিটার জলীয় বাষ্প নির্গত হয়।

∴ অবিকৃত CuO-এর ওজন=(50−12·231)=37·769 গ্রাম। সুতরাং অবশেষের ওজন=(CuO+Cu)-এর যুক্ত ওজন=(37·769+9·769)=47·538 গ্রাম।

প্রমাণ অবস্থায় 3·446 লিটার জলীয় বাষ্প 100°C উষ্ণতায় ও 76 সে. মি. চাপে V লিটার আয়তন হইলে,

$$\frac{76\times V}{273+100}=\frac{76\times3·446}{273}\text{ ; অর্থাৎ } V=\frac{3·446\times373}{273}=4·706 \text{ লিটার।}$$

(ঙ) **গ্যাসমিতি—**

৫০। 100 সি. সি. CO-এর সহিত 40 সি. সি. O_2 মিশাইয়া বিস্ফোরণ ঘটান হইল। অতঃপর মিশ্রণটি KOH দ্বারা নাড়িলে কোন্ গ্যাস কি পরিমাণে অবশিষ্ট থাকিবে?

উত্তর : $2CO + O_2 = 2CO_2$
2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

1 আয়তন O_2 ও 2 আয়তন CO মিলিয়া 2 আয়তন CO_2 উৎপন্ন করে; অতএব 40 সি. সি. অক্সিজেন 40×2=80 সি. সি. CO-এর সহিত যুক্ত হইয়া 2×40=80 সি. সি. CO_2 গঠন করে। কিন্তু মিশ্রণটি KOH দ্রবণ মিশাইয়া নাড়িলে এই 80 সি. সি. CO_2 শোষিত হয়। সুতরাং শুধুমাত্র (100−80)=20 সি. সি. CO গ্যাস অবশিষ্ট থাকিবে।

৫১। তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে 29 সি. সি. NH_3-কে সম্পূর্ণরূপে বিযোজিত করিবার পর উহাকে 30 সি. সি. O_2-এর সহিত বিস্ফোরণ ঘটান হইল। কোন্ গ্যাস কি পরিমাণে অবশিষ্ট থাকিবে গণনা কর।

উত্তর : $2NH_3 \quad = \quad N_2 \quad + \quad 3H_2$

2 আয়তন 1 আয়তন 3 আয়তন

সমীকরণ হইতে পাই, 29 সি. সি. NH_3 ভাঙ্গিয়া $\frac{1}{2} \times 29 = 14.5$ সি. সি. N_2 এবং $\frac{3}{2} \times 29 = 43.5$ সি. সি. H_2 উৎপন্ন করে।

আবার দহনের জন্য হাইড্রোজেনের অর্ধ-আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন। অতএব 43.5 সি. সি. H_2 দহন করিতে $\frac{43.5}{2} = 21.75$ সি. সি. O_2 দরকার। কিন্তু 30 সি. সি. O_2 যোগ করায় $(30 - 21.75) = 8.25$ সি. সি. O_2 উদ্বৃত্ত থাকে। উৎপন্ন জলের আয়তন খুবই নগণ্য বলিয়া বিস্ফোরণের পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন $N_2 =$ 14.5 সি. সি. এবং $O_2 = 8.25$ সি. সি.।

সুতরাং অবশিষ্ট গ্যাসের পরিমাণ, $N_2 = 14.5$ সি. সি. এবং $O_2 = 8.25$ সি. সি.।

৫২। CH_4 ও CO-এর মিশ্রণের 10.5 সি. সি. গ্যাসের সম্পূর্ণ দহনে 9 সি.সি. অক্সিজেন লাগে। গ্যাস-মিশ্রণে প্রত্যেকটির আয়তন কত গণনা কর।

উত্তর : (i) $CH_4 \quad + \quad 2O_2 \quad = CO_2 + 2H_2O$;

1 আয়তন 2 আয়তন

(ii) $2CO \quad + \quad O_2 \quad = 2CO_2$

2 আয়তন 1 আয়তন

মনে করিলাম, CH_4-এর আয়তন $= x$ সি. সি. ; অতএব CO-এর আয়তন $= (10.5 - x)$ সি.সি.। সমীকরণ হইতে পাই x সি.সি. CH_4 দহনের জন্য $2x$ সি. সি. O_2 এবং $(10.5 - x)$ সি. সি. CO দহনের জন্য $\frac{1}{2} \times (10.5 - x)$ সি. সি. O_2 প্রয়োজন। অতএব মোট অক্সিজেন প্রয়োজন $= 2x + \frac{1}{2}(10.5 - x)$ সি. সি.।

সুতরাং $2x + \frac{1}{2}(10.5 - x) = 9$; অর্থাৎ $x = 2.5$. অতএব CH_4-এর আয়তন $= 2.5$ সি.সি. এবং CO-এর আয়তন $= (10.5 - 2.5) = 8.0$ সি.সি.।

৫৩। প্রমাণ অবস্থায় 25 সি. সি. মার্স গ্যাসের সহিত 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 300 সি. সি. বায়ু মিশাইয়া তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ চালনা করা হইল। 17°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন গণনা কর। আয়তন হিসাবে বায়ুতে 20% O_2 এবং 80% N_2 আছে।

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় বায়ুর আয়তন V সি. সি. হইলে,

$$\frac{V \times 760}{273} = \frac{300 \times 750}{273 + 27} \text{ ; অথবা } V = \frac{300 \times 750 \times 273}{300 \times 760} = 269.5 \text{ সি. সি.।}$$

প্রমাণ অবস্থায় 269·5 সি. সি. বায়ুতে O_2-এর আয়তন $=\frac{269.5\times20}{100}=53.90$ সি. সি. এবং N_2-এর আয়তন $=\frac{269.5\times80}{100}=215.52$ সি. সি.।

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

1 আয়তন 2 আয়তন 1 আয়তন

সমীকরণ অনুযায়ী 25 সি. সি. CH_4-এর বিস্ফোরণের জন্য প্রয়োজন 50 সি. সি. O_2 ; সুতরাং বিস্ফোরণের পরে $(53.90-50)=3.90$ সি. সি. O_2 উদ্বৃত্ত থাকে।

অতএব N. T. P. তে অবশিষ্ট গ্যাস $=3.90$ সি. সি. $O_2+215.60$ সি. সি. N_2 $+25$ সি. সি. $CO_2=244.5$ সি. সি.। ইহার আয়তন 17°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে V_1 সি. সি. হইলে,

$$\frac{750\times V_1}{273+17}=\frac{760\times244.5}{273}\text{ ; অর্থাৎ } V=\frac{760\times244.5\times290}{273\times750}=263.1 \text{ সি. সি.।}$$

সুতরাং অবশিষ্ট গ্যাসের মোট আয়তন $=263.1$ সি. সি.।

৫৪। 10 সি. সি. CO, CH_4 এবং N_2-এর মিশ্রণকে অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত বিস্ফোরণ ঘটাইলে 6·5 সি. সি. সঙ্কুচিত হয়; অবশিষ্ট গ্যাস KOH-এর সহিত অতিরিক্ত 7 সি. সি. সঙ্কুচিত হয়। মূল মিশ্রণের সংযুতি গণনা কর।

উত্তর : মনে কর, CO-এর আয়তন x সি. সি. ও CH_4-এর আয়তন y সি. সি. ; অতএব N_2-এর আয়তন $10-(x+y)$ সি. সি.।

বিস্ফোরণের ফলে দেখা যায়—

(i) $2CO + O_2 = 2CO_2$ ∴ সঙ্কোচন $=1$ আয়তন

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

(ii) $CH_4 + 2O_2 = CO_2+2H_2O$ ∴ সঙ্কোচন $=2$ আয়তন

1 আয়তন 2 আয়তন 1 আয়তন

(i) হইতে পাই, সঙ্কোচন = অর্ধ-আয়তন $CO=\frac{x}{2}$ সি. সি. এবং (ii) হইতে পাই, সঙ্কোচন = দ্বিগুণ আয়তন $CH_4=2y$ সি. সি.।

কিন্তু মোট সঙ্কোচন $=\frac{x}{2}+2y=6.5$; অথবা $x+4y=13$. ⋯ (1)

আবার KOH দ্বারা দ্বিতীয় সঙ্কোচন 7 সি. সি. CO_2-এর আয়তন বুঝায়।
(i) হইতে পাই, উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ = CO-এর আয়তন $=x$ সি. সি. এবং
(ii) হইতে পাই, উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ $=CH_4$-এর আয়তন $=y$ সি. সি.।

অর্থাৎ $x+y=7$. ⋯ ⋯ (2)

অতএব $(1)-(2)=3y=6$; অথবা $y=2$.

∴ $x=(7-2)=5$; অর্থাৎ $CH_4=2$ সি. সি., $CO=5$ সি. সি. এবং $N_2=10-(2+5)=3$ সি সি.।

সুতরাং মিশ্রণে $CO=5$ সি. সি., $CH_4=2$ সি.সি. এবং $N_2=3$ সি.সি. আছে।

৫৫। একটি মিশ্রণে 50% H_2, 40% CH_4 এবং 10% O_2 আছে। 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 200 সি. সি. গ্যাস-মিশ্রণ সম্পূর্ণ পুড়িতে প্রমাণ অবস্থায় অতিরিক্ত কি পরিমাণ অক্সিজেনের প্রয়োজন ?

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় গ্যাস-মিশ্রণের আয়তন V সি. সি. হইলে,

$$\frac{760\times V}{273}=\frac{750\times 200}{273+27};\quad \text{অর্থাৎ } V=\frac{750\times 200\times 273}{300\times 760}=179{\cdot}7 \text{ সি. সি.।}$$

অতএব প্রমাণ অবস্থায় H_2-এর আয়তন $=\frac{179{\cdot}7\times 50}{100}=89{\cdot}85$ সি.সি ; CH_4-এর আয়তন $=\frac{179{\cdot}7\times 40}{100}=71{\cdot}88$ সি. সি.; এবং O_2-এর আয়তন $=\frac{179{\cdot}7\times 10}{100}$ $=17{\cdot}97$ সি. সি.।

(i) $2H_2+O_2=2H_2O$; (ii) $CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$

(i) এবং (ii) সমীকরণ হইতে পাই, 89·85 সি. সি. H_2-এর জন্য $\frac{1}{2}\times 89{\cdot}85$ $=44{\cdot}925$ সি. সি. O_2 এবং 71·88 সি. সি. CH_4-এর জন্য $2\times 71{\cdot}88=143{\cdot}76$ সি. সি. O_2 প্রয়োজন।

অতএব প্রমাণ অবস্থায় মোট O_2-এর প্রয়োজন $=44{\cdot}925+143{\cdot}76=188{\cdot}685$ সি. সি.। যেহেতু মিশ্রণে মাত্র 17·97 সি. সি. O_2 আছে, সুতরাং প্রমাণ অবস্থায় প্রয়োজনীয় অতিরিক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $=(188{\cdot}685-17{\cdot}97)=170{\cdot}715$ সি.সি.।

৫৬। কোল-গ্যাসের একটি নমুনায় 45% H_2, 30% CH_4, 20% CO এবং 5% C_2H_2 আছে। 100 সি. সি. নমুনার সহিত 160 সি. সি. O_2 মিশাইয়া বিস্ফোরণ ঘটাইলে উৎপন্ন মিশ্রণের আয়তন (শুষ্ক) এবং সংযুতি গণনা কর।

উত্তর : 100 সি. সি. গ্যাস-মিশ্রণে 45 সি. সি. H_2, 30 সি. সি. CH_4, 20 সি. সি. CO এবং 5 সি. সি. C_2H_2 আছে।

(i) $2H_2+O_2=2H_2O$ (জল) ; (ii) $CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$ (জল)
(iii) $2CO+O_2=2CO_2$; (iv) $2C_2H_2+5O_2=4CO_2+2H_2O$ (জল)

সমীকরণ অনুযায়ী, বিস্ফোরণ কার্যে 45 সি.সি. H_2, 30 সি.সি. CH_4, 20 সি.সি CO এবং 5 সি. সি. C_2H_2-এর জন্য যথাক্রমে $(\frac{1}{2}\times 45)=22{\cdot}5$ সি. সি., (30×2) $=60$ সি.সি., $(\frac{1}{2}\times 20)=10$ সি.সি., এবং $(\frac{5}{2}\times 5)=12{\cdot}5$ সি. সি. O_2 প্রয়োজন এবং উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ যথাক্রমে 0, 30, 20 ও $5\times 2=10$ সি. সি.।

অতএব প্রয়োজনীয় মোট অক্সিজেন $=(22{\cdot}5+60+10+12{\cdot}5)=105$ সি. সি. এবং উৎপন্ন CO_2-এর মোট পরিমাণ $=0+30+20+10=60$ সি. সি.।

সুতরাং অবশিষ্ট O_2-এর পরিমাণ $=(160-105)=55$ সি.সি. এবং অবশিষ্ট মোট গ্যাসের আয়তন $=CO_2$ ও O_2-এর যুক্ত আয়তন $=(60+55)=115$ সি.সি.।

৫৭। 20 সি. সি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সহিত 66 সি. সি. O_2 মিশাইয়া

বিস্ফোরণ ঘটাইবার পর শীতল অবস্থায় অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 56 সি. সি. হয়। KOH দ্রবণ যোগ করিলে আয়তন হ্রাস পাইয়া 16 সি. সি. হয় এবং ক্ষারীয় পাইরোগ্যালল ইহা সম্পূর্ণরূপে শোষণ করে। গ্যাসটির সংকেত কি ?

উত্তর : অমরা পাই, উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন$=(56-16)=40$ সি. সি. এবং ব্যবহৃত O_2-এর পরিমাণ$=(66-16)=50$ সি. সি.।

যেহেতু CO_2 গ্যাসে সম-আয়তন O_2 থাকে, অতএব উৎপন্ন 40 সি. সি. CO_2 গ্যাসে 40 সি. সি. O_2 আছে অর্থাৎ 40 সি. সি. O_2 হাইড্রোকার্বনস্থিত কার্বনকে জারিত করিতে ব্যয়িত হয় এবং অবশিষ্ট $(50-40)=10$ সি. সি. O_2 হাইড্রোকার্বনের H_2-কে জারিত করে। সুতরাং H_2-এর পরিমাণ$=O_2$-এর আয়তনের দ্বিগুণ$=$ $10\times 2=20$ সি. সি.।

অতএব 20 সি. সি. হাইড্রোকার্বনে 20 সি. সি. H_2 থাকে এবং উহা 40 সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করে। সুতরাং 1 আয়তন হাইড্রোকার্বনে 1 আয়তন H_2 থাকে এবং উহা 2 আয়তন CO_2 দেয় ; অথবা 1 অণু হাইড্রোকার্বনে 1 অণু H_2 থাকে এবং উহা 2 অণু CO_2 দেয়। কিন্তু 1 অণু হাইড্রোজেনে 2 পরমাণু হাইড্রোজেন এবং 2 অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে 2 পরমাণু কার্বন থাকে।

সুতরাং হাইড্রোকার্বনের সংকেত$=C_2H_2$.

৫৮। নিম্নলিখিত ফল হইতে নাইট্রাস অক্সাইডের সংযুতি ও সংকেত বাহির কর :—

গ্যাসের আয়তন$=10$ সি. সি. ; H_2 যোগ করিবার পর আয়তন$=28$ সি. সি. ; বিস্ফোরণের পর আয়তন$=18$ সি. সি. ; O_2 যোগ করিবার পর আয়তন$=27$ সি. সি. ; দ্বিতীয় বিস্ফোরণের পর আয়তন$=15$ সি. সি.। (আয়তন N. T. P.-তে পরিমাপ করা হয়)।

উত্তর : নাইট্রাস অক্সাইডের সঙ্গে হাইড্রোজেন মিশাইয়া বিস্ফোরণ ঘটাইলে N_2 ও জল উৎপন্ন হয়। বাকী H_2-র সঙ্গে অতিরিক্ত অক্সিজেন সহযোগে আবার বিস্ফোরণ ঘটাইলে উহা জলে পরিণত হয়। অতএব জল গঠনের জন্যই দ্বিতীয় সংকোচন ঘটে।

আমরা পাই, দ্বিতীয় সঙ্কোচন$=(27-15)=12$ সি. সি. ; অর্থাৎ জল গঠনে 8 সি. সি. H_2 এবং 4 সি. সি. O_2 ব্যবহৃত হয়। কিন্তু মোট O_2 যোগ করা হয়$=$ $(27-18)=9$ সি. সি. ; অতএব O_2 উদ্বৃত্ত থাকে $=(9-4)=5$ সি. সি.।

সুতরাং দ্বিতীয় বিস্ফোরণের পর অবশিষ্ট 15 সি. সি. গ্যাসে উপরোক্ত 5 সি. সি. O_2 এবং $(15-5)=10$ সি. সি. N_2 থাকে।

আবার প্রথমে H_2 যোগ করা হয়$=(28-10)=18$ সি. সি. এবং বিস্ফোরণের পর অবশিষ্ট H_2 থাকে$=(18$ সি. সি.—N_2-এর আয়তন$)=(18-10)=8$ সি. সি. ; ইহা দ্বিতীয় বিস্ফোরণে ব্যবহৃত হয়।

সুতরাং প্রথম বিস্ফোরণে ব্যবহৃত H_2-এর পরিমাণ$=(18-8)=10$ সি. সি. এই 10 সি. সি. H_2 বিক্রিয়া করিয়া জল গঠনের জন্য প্রয়োজন 5 সি. সি. O_2 এবং

এই পরিমাণ অক্সিজেন 10 সি. সি. নাইট্রাস অক্সাইডে বিদ্যমান থাকে। অতএব 10 সি. সি. নাইট্রাস অক্সাইডে পাওয়া যায় 10 সি. সি. N_2 এবং 5 সি. সি. O_2.

সুতরাং এক আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে সম-আয়তন N_2 এবং অর্ধ-আয়তন O_2 থাকে। অর্থাৎ 1 অণু নাইট্রাস অক্সাইডে আছে 1 অণু N_2 এবং $\frac{1}{2}$ অণু O_2 তথা 2 পরমাণু N এবং 1 পরমাণু O_2. সুতরাং নাইট্রাস অক্সাইডে সংকেত $= N_2O$.

অনুশীলনী—৩

১। (i) ইক্ষু-শর্করা ($C_{12}H_{22}O_{11}$), (ii) পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$), (iii) লেড নাইট্রেট ও (iv) মারকিউরিক অক্সাইডের শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর।

[উঃ (i) C—42·1, H—6·44, O—51·46 (ii) K—26·53, Cr—35·37, O—38·09 (iii) Pb—62·6, N—8·4, O—29·0, (iv) Hg—92·6, O—7·4]

২। (i) কারনালাইট [$KCl.MgCl_2.6H_2O$]-এ ক্লোরিন, (ii) শ্বেত-সীসা [$2PbCO_3.Pb(OH)_2$]-এ লেড, (iii) ম্যালাকাইট [$CuCO_3.Cu(OH)_2$]-এ কপার, এবং (iv) ক্রাইয়োলাইট [$AlF_3.3NaF$]-এ ফ্লুরিণের শতকরা পরিমাণ কত? [উঃ (i) 38·37, (ii) 80·13, (iii) 57·466, (iv) 54·285]

৩। নিম্নলিখিত যৌগে কেলাস জলের পরিমাণ কত :—

(i) সবুজ ভিট্রিয়ল ($FeSO_4.7H_2O$), (ii) সাদা ভিট্রিয়ল ($ZnSO_4.7H_2O$), (iii) গ্লবার লবণ ($Na_2SO_4.10H_2O$), (iv) সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2.6H_2O$)।

[উঃ (i) 45·356, (ii) 43·90 (iii) 55·90 (iv) 49·315]

৪। ক্রোম ফটকিরি [$K_2SO_4.Cr_2(SO_4)_3.24H_2O$]-তে পটাসিয়াম, ক্রেমিয়াম, সালফেট মূলক ও কেলাস জলের শতকরা পরিমাণ কত? [উঃ K—7·82, Cr—10·42, SO_4—38·47, H_2O—43·28]

৫। এক লিটার সমুদ্রের জল (আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·03) বাষ্পীভূত করিয়া শুষ্ক করিলে 36·4 গ্রাম লবণ অবশেষরূপে থাকে। সমুদ্রের জলে লবণের শতকরা পরিমাণ কত? [উঃ 3·53%]

৬। একটি লবণে Na—27·38%, H—1·19%, C—14·29% ও O—57·40% আছে। লবণটির স্থুল সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $NaHCO_3$]

৭। একটি বর্ণহীন কেলাস যৌগে S-24·24%, N—21·21%, H—6·06% এবং অবশিষ্ট O_2 আছে। যৌগের স্থূল সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $(NH_4)_2SO_4$]

৮। কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগে C—40%, H—6·67% আছে। উহার আণবিক গুরুত্ব 180 হইলে যৌগের আণবিক সংকেত কি? [উঃ $C_6H_{12}O_6$]

৯। 3·25 গ্রাম একটি জৈব অ্যাসিডে 1·879 গ্রাম C, 0·118 গ্রাম H_2 ও 1·253 গ্রাম O_2 বিদ্যমান। অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব 166 হইলে উহার আণবিক সংকেত বাহির কর। [উঃ $C_8H_6O_4$]

১০। বিশ্লেষণে দেখা যায়, কপারের দুইটি অক্সাইড যৌগে অক্সিজেনের শতকরা হার যথাক্রমে 20·26 ও 11·4 ; উহাদের সম্ভাব্য সংকেত কি? (Cu—63·5) [উঃ Cu_2O ও CuO]

১১। একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইডে যথাক্রমে 20·13% ও 11·19% অক্সিজেন আছে। প্রথম অক্সাইডের সংকেত MO হইলে দ্বিতীয়টির সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ M_2O]

১২। একটি দ্বি-যৌগিক লবণের বিশ্লেষণে দেখা যায়, K—17·8%, Ni—13·5%, SO_4—44% এবং H_2O—24·7% আছে। লবণটির সংকেত কি? [উঃ $K_2SO_4.NiSO_4.6H_2O$]

১৩। 20·0 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইড ও 85 গ্রাম সিলভার নাইট্রেট হইতে কি পরিমাণ সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যাইবে? [উঃ 49·06 গ্রাম]

১৪। 8 গ্রাম MnO_2 অতিরিক্ত HCl-এর সহিত উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন গ্যাস KI দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। কি পরিমাণ আয়োডিন মুক্ত হইবে গণনা কর। [উঃ 23·35 গ্রাম]

১৫। C—90% ও H—5% বিশিষ্ট কয়লার নমুনার 10 কিলোগ্রাম বায়ুতে সম্পূর্ণরূপে পোড়ান হইল। ওজন হিসাবে বায়ুতে 23% অক্সিজেন আছে ধরিলে কত ওজনের বায়ু লাগিবে?

[উঃ 121·7 কিলোগ্রাম]

১৬। এক কিলোগ্রাম ডলোমাইট আকরিক উত্তপ্ত করিলে উহার ওজনের কি পরিবর্তন হইবে?

[উঃ 478·3 গ্রাম হ্রাস]

১৭। তিন গ্রাম অনার্দ্র Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে 0·348 গ্রাম ওজন হ্রাস পায়। মিশ্রণে সোডিয়াম কার্বনেটের শতকরা পরিমাণ কত? [উঃ 68·567%]

[ইঙ্গিত—উত্তাপ প্রয়োগে সোডিয়াম কার্বনেট অবিকৃত থাকে, ফলে CO_2 নির্গত হয় না।]

১৮। ZnO মিশ্রিত 1 গ্রাম ধাতব জিঙ্ক লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় 0·026 গ্রাম H_2 উৎপন্ন করে। নমুনায় বিশুদ্ধ জিঙ্কের শতকরা মাত্রা কত? [উঃ 84·89%]

১৯। 4 গ্রাম আয়রণের সহিত H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H_2 10 গ্রাম বিশুদ্ধ ও উত্তপ্ত লেড অক্সাইডের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। অবশেষের ওজন কত হইবে? [উঃ 8·853 গ্রাম]

২০। 0·9031 গ্রাম NaCl এবং KCl-এর মিশ্রণকে গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে 1·0784 গ্রাম সালফেট লবণ উৎপন্ন হয়। মিশ্রণটির সংযুতি গণনা কর। (Cl = 35·46 ; K = 39·1)

[উঃ NaCl—54·7%, KCl—45·3%]

২১। 56·35 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কত আয়তনের অক্সিজেন পাওয়া যাইবে? [উঃ 15·456 লিটার]

২২। আয়রণের সহিত স্টীম অথবা অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় H_2 উৎপন্ন হয়। 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 1000 লিটার আয়তনের একটি বেলুন H_2 গ্যাস দ্বারা ভর্তি করিতে কমপক্ষে কি পরিমাণ আয়রণ লাগিবে? [উঃ 1677·53 গ্রাম]

২৩। 12·25 গ্রাম $KClO_3$ উত্তপ্ত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহা 5·00 গ্রাম বিশুদ্ধ শুষ্ক ও উত্তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া চালনা করা হইল। কার্বনের কিছু অংশ CO_2 উৎপন্ন করিল। উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন 27°C উষ্ণতায় ও 75 সে. মি. চাপে কত এবং কি পরিমাণ কার্বন অবশেষ থাকে?

[উঃ 3·741 লিটার ; 3·2 গ্রাম]

২৪। 1·3 গ্রাম জিঙ্ক 3·0 গ্রাম যুক্ত লঘু H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করে। কোন্ পদার্থটি সম্পূর্ণরূপে ব্যবহৃত হইবে এবং 37°C উষ্ণতায় ও 755 মি. মি. চাপে উৎপন্ন H_2-এর আয়তন কত?

[উঃ জিঙ্ক ; 0·512 লিটার]

২৫। খনিজ ডলোমাইটের নমুনায় 54% $CaCO_3$, 42% $MgCO_3$ এবং অবশিষ্ট কাদামাটি আছে। ইহার 5 গ্রাম HCl-এর সহিত বিক্রিয়ায় 10°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে কত আয়তন CO_2 উৎপন্ন করিবে গণনা কর। [উঃ 1·224 লিটার]

২৬। মোমে 80% C এবং 20% H_2 থাকিলে 60 গ্রাম মোমবাতি সম্পূর্ণ জ্বলিতে 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে কি পরিমাণ বায়ু লাগিবে? বায়ুতে আয়তন হিসাবে 21% অক্সিজেন আছে।

[উঃ 831·2 লিটার]

২৭। 3 গ্রাম জিঙ্ক ও জিঙ্ক অক্সাইডের মিশ্রণ অতিরিক্ত লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়ায় জলের উপর 17°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 600 সি. সি. H_2 সংগৃহীত হইল। মিশ্রণে জিঙ্কের শতকরা পরিমাণ কত? 17°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 14 মি. মি.। [উঃ 53·13%]

২৮। এক লিটার CO ও CO_2-এর মিশ্রণ লোহিত-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে একই উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন 1600 সি. সি. হয়। মিশ্রণটির সংযুতি গণনা কর।

[উঃ CO_2—600 সি. সি. ; CO—400 সি. সি.]

২৯। 60 সি. সি. N_2O এবং NO-এর মিশ্রণের সহিত সম-আয়তন হাইড্রোজেন মিশাইয়া বিস্ফোরণ ঘটাইলে 38 সি. সি. নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। মিশ্রণে বিভিন্ন গ্যাসের পরিমাণ কত?

[উঃ N_2O—16 সি. সি. ; NO—44 সি. সি.]

৩০। 100 সি. সি. CO, CH_4 এবং H_2-এর মিশ্রণের সহিত 300 সি. সি. O_2 মিশাইয়া দহন করিলে শীতল অবস্থায় উহার আয়তন 285 সি. সি. হয় এবং পরে KOH দ্বারা শোষণ করিলে 205 সি. সি. O_2 অবশিষ্ট থাকে। মিশ্রণের সংযুতি গণনা কর।

[উঃ CO—50 সি. সি. ; CH_4—30 সি. সি. ; H_2—20 সি. সি.]

৩১। 10 সি. সি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সহিত 100 সি. সি. O_2 মিশাইয়া বিস্ফোরণ ঘটাইলে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন স্বাভাবিক উষ্ণতায় 80 সি. সি. হয়। উহাতে গাঢ় KOH দ্রবণ যোগ করিলে 50 সি. সি. গ্যাস অবশিষ্ট থাকে এবং ক্ষারীয় পাইরোগ্যালল সব গ্যাস শোষণ করে। হাইড্রোকার্বনের সংকেত গণনা কর। [উঃ C_3H_8]

৩২। অতিরিক্ত O_2-এর সহিত 20 সি. সি. হাইড্রোকার্বনের বিস্ফোরণে আয়তন সঙ্কোচন 30 সি. সি. দেখা যায়। উহাতে KOH যোগ করিলে অতিরিক্ত 40 সি. সি. আয়তন সঙ্কুচিত হয়। হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত বাহির কর। [উঃ C_2H_2]

পঞ্চম অধ্যায় | তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক ওজন

প্রশ্ন : ৪১। সংজ্ঞা লিখ :—(i) মৌলের তুল্যাঙ্কভার বা রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, (ii) গ্রাম-তুল্যাঙ্ক।

উত্তর : (i) **মৌলের তুল্যাঙ্কভার**—কোন মৌলের যে ওজন 1 ভাগ (সঠিক 1·008 ভাগ) ওজনের হাইড্রোজেন বা 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয় অথবা ঐ পরিমাণ ওজনের উক্ত মৌলগুলিকে উহাদের যৌগ হইতে প্রতিস্থাপিত করে, সেই ওজন-সংখ্যাকে মৌলের তুলাঙ্কভার বা রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলা হয়। অর্থাৎ

$$\text{মৌলের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 1 \text{ (বা 8 বা 35·5)}}{\text{যুক্ত বা প্রতিস্থাপিত } H_2 \text{ (বা } O_2 \text{ বা } Cl_2\text{)-এর ওজন}}।$$

ইহা একটি সংখ্যা মাত্র, ইহার কোন একক নাই।

আমরা জানি, 12 ভাগ ম্যাগনেসিয়াম লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে 1 ভাগ হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে ; $Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$. আবার 20 ভাগ ক্যালসিয়াম 8 ভাগ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইড গঠন করে ; $2Ca + O_2 = 2CaO$. অতএব ম্যাগনেসিয়াম ও ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 12 এবং 20.

(*ii*) **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক**—(প্রথমে তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞা লিখ।) কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভারকে গ্রাম এককে প্রকাশ করিলে উহাকে গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলে। ইহা দ্বারা তুল্যাঙ্কভারের সম-পরিমাণ ওজন গ্রামে বুঝায়। স্থতরাং হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন ও ম্যাগনেসিয়ামের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 1·008, 8·0, 35·453 এবং 12·0 গ্রাম।

প্রশ্ন : ৪২। "মৌলের তুল্যাঙ্কভার কি পরিবর্তনশীল ?" আলোচনা কর। অথবা, **একই মৌলের তুল্যাঙ্কভার বিভিন্ন হইতে পারে উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও।**

উত্তর : কতকগুলি মৌলের তুল্যাঙ্কভার স্থিরাঙ্ক নয়, পরিবর্তনশীল। কোম মৌল অপর একটি মৌলের সহিত যুক্ত হইয়া একাধিক যৌগ গঠন করিলে সেই মৌলের যোজ্যতা বিভিন্ন হয় ; ফলে মৌলের একাধিক তুল্যাঙ্কভার দেখা যায়। কারণ মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্দিষ্ট এবং পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা। যেমন কার্বন ও অক্সিজেন পরস্পর যুক্ত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড, CO এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড, CO_2 গঠন করে। এই দুইটি যৌগে কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত যথাক্রমে 6 : 8 এবং 3 : 8 ; অতএব কার্বনের তুল্যাঙ্কভার 6 ও 3 অর্থাৎ বিভিন্ন। এইভাবে কিউপ্রাস ক্লোরাইড, Cu_2Cl_2 এবং কিউপ্রিক ক্লোরাইড, $CuCl_2$ যৌগে

কপারের যোজ্যতা এক ও দুই বলিয়া কপারের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 63·5 এবং 31·75 হয়। সাধারণতঃ কোন মৌলের একাধিক তুল্যাঙ্কভার বাহির হইলে ক্ষুদ্রতম সংখ্যাকেই উহার প্রকৃত তুল্যাঙ্কভার ধরা হয়।

প্রশ্ন : ৪৩। মৌলের তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক ওজনের মধ্যে সম্পর্ক কি? কি অবস্থায় উহাদের মান একই কিংবা বিভিন্ন হয় আলোচনা কর।

উত্তর : কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার ও উহার পারমাণবিক ওজনের মধ্যে সম্পর্কটি এইরূপ : মৌলের পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা।

মনে করিলাম, কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব, তুল্যাঙ্কভার ও যোজ্যতা যথাক্রমে A, E ও V ; অতএব যোজ্যতার সংজ্ঞানুসারে ঐ মৌলের একটি পরমাণু V-সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়।

এখন, V-সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন $= V \times 1 = V$.

যেহেতু মৌলের একটি পরমাণুর ওজন = A, অতএব ঐ মৌলের A ভাগ ওজনের সহিত V ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত হয়।

সুতরাং 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত ঐ মৌলের $\frac{A}{V}$ ভাগ ওজন যুক্ত হয়। কিন্তু 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে কোন মৌলের যে পরিমাণ ওজন যুক্ত হয় তাহাকেই ঐ মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলে। যেহেতু মৌলটির তুল্যাঙ্কভার E, অতএব $E = \frac{A}{V}$, অর্থাৎ $A = E \times V$. সুতরাং পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা।

এই সম্পর্ক হইতে দেখা যায়, মৌলের যোজ্যতা 1 হইলে উহার তুল্যাঙ্কভার ও পারমাণবিক ওজনের মান একই হয়। যেমন সোডিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 23 এবং উহার পারমাণবিক ওজন $= 23 \times 1 = 23$. সেইরূপ ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার ও পারমাণবিক ওজন উভয়ই 35·5 ; কারণ সোডিয়াম ও ক্লোরিন উভয়ই একযোজী মৌল। অন্যান্য মৌলের ক্ষেত্রে পারমাণবিক ওজন উহার তুল্যাঙ্কভারের সরল গুণিতক, কারণ মৌলের যোজ্যতা সর্বদাই সরল পূর্ণ-সংখ্যা। যেমন ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 20, সুতরাং উহার পারমাণবিক ওজন $= 20 \times 2 = 40$, কারণ ক্যালসিয়ামের যোজ্যতা দুই। আবার অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 9 এবং যোজ্যতা 3 ; সুতরাং অ্যালুমিনিয়ামের পারমাণবিক ওজন $= 9 \times 3 = 27$.

প্রশ্ন : ৪৪। মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিবার বিভিন্ন রাসায়নিক পদ্ধতির নীতি আলোচনা কর।

উত্তর : মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ে নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলি প্রয়োগ করা হয় :—

(১) **হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতি**—নির্দিষ্ট ওজনের ধাতুর সহিত অ্যাসিড, ক্ষার বা জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন হইতে উহার ওজন স্থির করা

হয়। পরীক্ষাকালীন বায়ুমণ্ডলের চাপে ও উষ্ণতায় একটি অংশাঙ্কিত গ্যাস-পরিমাপক নলে সমস্ত নির্গত হাইড্রোজেন সংগ্রহ করিয়া বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে প্রমাণ অবস্থায় উহার আয়তন বাহির করা হয় এবং পরে ইহা হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন ওজন পাওয়া যায়, কারণ প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার H_2-এর ওজন $=0\cdot089$ গ্রাম। এখন $1\cdot008$ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে যত ভাগ ওজনের ধাতু প্রয়োজন তাহাই ধাতুর তুল্যাঙ্কভার। যদি a গ্রাম ধাতু b গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে তবে ধাতুর তুল্যাঙ্কভার$=\dfrac{a\times 1\cdot008.}{b}$

সাধারণতঃ Zn, Mg, Fe প্রভৃতি ধাতু শীতল ও লঘু HCl বা H_2SO_4 হইতে, Al উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণ হইতে এবং Ca জল হইতে হাইড্রোজেন নির্গত করে; সেই কারণে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে উহাদের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা সম্ভব।

(২) **অক্সাইড পদ্ধতি বা অক্সাইড বিজারণ পদ্ধতি**—হাইড্রোজেন, কার্বন, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি মৌল বায়ু বা অক্সিজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে সরাসরি অক্সাইড যৌগে পরিণত হয়; কিন্তু কপার বা টিন নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন পদার্থকে অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে পরোক্ষভাবে উহারা অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। অন্যদিকে কপার, আয়রণ প্রভৃতি ধাতব অক্সাইডকে হাইড্রোজেন বা জল-গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে উহারা ধাতুতে বিজারিত হয়। এখন মৌলের ওজন m গ্রাম এবং অক্সাইডের ওজন m_1 গ্রাম হইলে, যুক্ত অক্সিজেনের ওজন$=(m_1-m)$ গ্রাম। অতএব মৌলের তুল্যাঙ্কভাব$=\dfrac{m\times 8}{(m_1-m)}$.

(৩) **ক্লোরাইড পদ্ধতি বা ক্লোরাইড বিযুক্তকরণ পদ্ধতি**—সিলভার, মারকারি প্রভৃতি ধাতুর সহিত পরোক্ষভাবে ক্লোরিন যুক্ত করিয়া উহাদিগকে ক্লোরাইডে পরিণত করা হয় অথবা মৌলের কোন যৌগের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিয়া দ্রবণ হইতে ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। মৌলের ওজন w গ্রাম এবং ক্লোরাইডের ওজন w_1 গ্রাম হইলে, মৌলের তুলাঙ্কভার$=\dfrac{w\times 35\cdot5}{(w_1-w)}$.

আবার সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ধাতব ক্লোরাইডের দ্রবণ হইতে সিলভার নাইট্রেট সহযোগে সমস্ত ক্লোরাইড সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিনের ওজন ধাতব ক্লোরাইডে ধাতুর সহিত সংযুক্ত ক্লোরিনের ওজনের সমান। সুতরাং ধাতব ক্লোরাইড ও যুক্ত ক্লোরিনের ওজন হইতে ধাতুর ওজন বাহির করিয়া ইহার তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়।

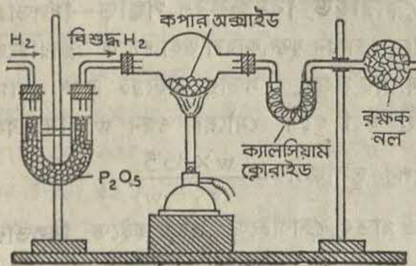
(৪) **ধাতব লবণের দ্রবণ হইতে ধাতু প্রতিস্থাপন পদ্ধতি**—বেশী তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু কম তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতুর লবণের দ্রবণ হইতে ধাতুটি উহাদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে প্রতিস্থাপিত করে। যেমন জিঙ্ক বা আয়রণ (a গ্রাম) কপার সালফেট দ্রবণ হইতে কপার (b গ্রাম) প্রতিস্থাপন করিলে, জিঙ্ক বা আয়রণের তুল্যাঙ্কভার$=\dfrac{a}{b}\times$

কপারের তুল্যাঙ্কভার। অতএব যে-কোন একটি ধাতুর তুল্যাঙ্কভার জানিলে অন্য ধাতুর তুল্যাঙ্কভার বাহির করা যায়।

(৫) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি**—ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র অনুসারে বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করিলে বিভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন পদার্থগুলি উহাদের নিজ নিজ তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক ওজনে থাকে। অর্থাৎ কপার, সিলভার ও জল ভল্টামিটারগুলি শ্রেণীবদ্ধভাবে রাখিয়া কোন তড়িৎ-কোষ হইতে একই পরিমাণ তড়িৎ একই সময় ধরিয়া উহাদের ভিতর দিয়া চালাইলে বিভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে যথাক্রমে a গ্রাম কপার, b গ্রাম সিলভার এবং c গ্রাম হাইড্রোজেন সঞ্চিত হইলে, কপারের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{a}{c}$, অথবা $\frac{a}{b}\times$ সিলভারের তুল্যাঙ্কভার।

প্রশ্ন : ৪৫। (ক) অক্সিজেন এবং (খ) কার্বনের তুলাঙ্কভার নির্ণয়ের পরীক্ষা গণনাসহ বর্ণনা কর।

উত্তর : (ক) অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়—নীতি : উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিলে কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয় এবং বিযুক্ত অক্সিজেন হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে। উৎপন্ন জলের ওজন এবং কপার অক্সাইডের ওজন হ্রাস হইতে জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন কি পরিমাণে যুক্ত আছে তাহা নির্ণয় করা হয়। এখন 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যত ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত থাকে তাহাই অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার।



চিত্র ৩

পরীক্ষা—একটি শক্ত কাচের বাল্‌বে অল্প বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কালো কপার অক্সাইড লইয়া উহাকে সঠিকভাবে তুলাযন্ত্রে ওজন করা হয়। বাল্‌বের এক প্রান্ত গলিত $CaCl_2$-পূর্ণ ওজন করা একটি U-নলের সহিত যুক্ত থাকে। এই U-নলে বায়ুস্থিত জলীয় বাষ্পের প্রবেশ রোধ করিবার জন্য উহার সঙ্গে একটি রক্ষক-নল যুক্ত করা হয়।

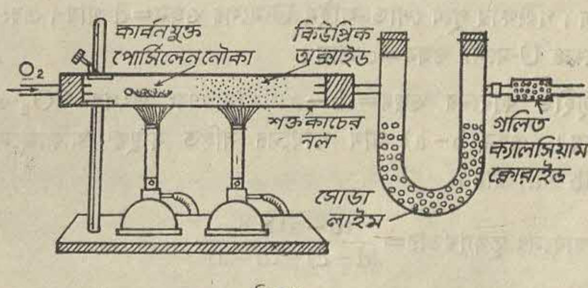
বাল্‌বের অপর প্রান্ত দিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক H_2 গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। সেইজন্য Zn ও লঘু H_2SO_4 হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্রমান্বয়ে $Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ, Ag_2SO_4 দ্রবণ ও কঠিন KOH ভর্তি কতকগুলি U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয় এবং পরিশেষে P_2O_5-পূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া শুষ্ক করা হয়। বাল্‌বের ভিতরের বায়ু সম্পূর্ণ বিতাড়িত হইলে কপার অক্সাইড-পূর্ণ

বাল্‌বটিকে বুনসেন দীপের সাহায্যে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে CuO-এর বিজারণের ফলে উৎপন্ন জলীয় বাষ্প হাইড্রোজেনের সহিত প্রবাহিত হইবার সময় U-নলের $CaCl_2$-দ্বারা শোষিত হয় এবং ধাতব কপার বাল্‌বে পড়িয়া থাকে : $CuO+H_2=Cu+H_2O$. পরীক্ষা শেষে বাল্‌বটিকে হাইড্রোজেন প্রবাহে শীতল করা হয়। অতঃপর বাল্‌বটি এবং U-নলটি খুলিয়া পৃথকভাবে ওজন করা হয়। বাল্‌বের ওজন হ্রাস হইতে অক্সিজেনের ওজন এবং U-নলের ওজন-বৃদ্ধি হইতে উৎপন্ন জলের ওজন পাওয়া যায়। এই দুই ওজনের পার্থক্য যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন নির্দেশ করে।

গণনা : পরীক্ষার পূর্বে CuO-সহ বাল্‌বের ওজন = a গ্রাম ; পরীক্ষার পরে CuO + Cu সহ বাল্‌বের ওজন = b গ্রাম ; পরীক্ষার পূর্বে $CaCl_2$-পূর্ণ U-নলের ওজন = c গ্রাম ; এবং পরীক্ষার পরে উৎপন্ন জলসমেত $CaCl_2$-পূর্ণ U-নলের অজন = d গ্রাম। সুতরাং যুক্ত অক্সিজেনের ওজন = (a − b) গ্রাম এবং উৎপন্ন জলের ওজন = (d − c) গ্রাম। ∴ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন = (d − c) − (a − b) গ্রাম।

$$\text{অতএব অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার}=\frac{\text{অক্সিজেনের ওজন}\times 1\cdot008}{\text{যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন}}=\frac{(a-b)\times 1\cdot008}{(d-c)-(a-b)}.$$

(খ) কার্বনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়—নীতি : নির্দিষ্ট ওজনের বিশুদ্ধ কার্বন



চিত্র ৪

শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেনে পোড়াইয়া উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড কষ্টিক পটাসে শোষণ করিয়া ওজন করা হয়। ইহা হইতে কার্বনের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ জানা যায়। এখন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যত ভাগ ওজনের কার্বন যুক্ত হয় তাহাই কার্বনের তুল্যাঙ্কভার।

পরীক্ষা—একটি ছোট শুষ্ক এবং পরিষ্কার পোর্সিলেন নৌকা প্রথমে ওজন করিয়া উহাতে অল্প পরিমাণ শর্করাজাত বিশুদ্ধ কার্বন লইয়া উহা আবার ওজন করা হয়। এই

দুইটি ওজনের পার্থক্য হইতে কার্বনের যথার্থ ওজন জানা যায়। কার্বনসহ এই পোর্সিলেন নৌকাটি একটি পুরু ও শক্ত কাচনলের ভিতর এক প্রান্তে রাখিয়া উহার অপর প্রান্তে কালো কপার অক্সাইড পূর্ণ করা হয়। নলটির দুই মুখ কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া গ্যাস চলাচলের জন্যে দুইটি সরু কাচনল কর্ক দুইটিতে জুড়িয়া দেওয়া হয়। কার্বনসহ নৌকার প্রান্তস্থিত কাচনলটি বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেন উৎপাদক-যন্ত্রের সহিত এবং অন্য প্রান্তের নির্গম কাচনলটি ওজন করা একটি সোডা-লাইমপূর্ণ U-নলের সহিত যুক্ত করা হয়। উক্ত বাল্‌বটির সঙ্গে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ একটি রক্ষী-নল জুড়িয়া দেওয়া হয় যাহাতে বায়ুস্থিত CO_2 ও জলীয় বাষ্প U-নলে প্রবেশ করিতে না পারে।

বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেন প্রবাহে কাচনলের মধ্যস্থিত বায়ু বিতাড়িত করিয়া নির্গম নলের সঙ্গে পটাস বাল্‌ব ও ইহার সহিত রক্ষী-নল লাগান হয় এবং প্রথমে কপার অক্সাইডকে দীপমালার সাহায্যে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া পরে কার্বনপূর্ণ পোর্সিলেন নৌকাটি উত্তপ্ত করা হয়। ফলে কার্বন অক্সিজেনে পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে ; সামান্য কার্বন মনোক্সাইড গঠিত হইলে ইহা উত্তপ্ত কপার-অক্সাইডের উপর দিয়া যাইবার সময় সম্পূর্ণরূপে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড অক্সিজেন দ্বারা চালিত হইয়া U-নলের সোডা-লাইম দ্বারা সম্পূর্ণভাবে শোষিত হয়। প্রক্রিয়া শেষে দীপমালা নিভাইয়া অক্সিজেন প্রবাহে কাচনলটি শীতল করা হয়। অতঃপর U-নলটি খুলিয়া পুনরায় উহার ওজন লওয়া হয়।

গণনা—পোর্সিলেন নৌকার ওজন = a গ্রাম ; কার্বনসমেত পোর্সিলেন নৌকার ওজন = b গ্রাম ; পরীক্ষার পূর্বে সোডা-লাইম U-নলের ওজন = d গ্রাম ; এবং পরীক্ষার পরে CO_2 সমেত U-নলের ওজন = c গ্রাম।

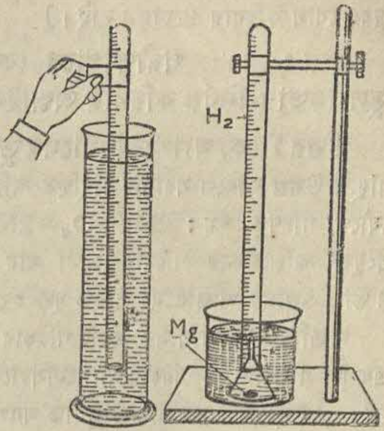
অতএব গৃহীত কার্বনের ওজন $=(b-a)$ গ্রাম এবং উৎপন্ন CO_2-এর ওজন $=(d-c)$ গ্রাম। এখন $(b-a)$ গ্রাম কার্বনের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=(d-c)-(b-a)$ গ্রাম।

সুতরাং কার্বনের তুল্যাঙ্কভার $=\dfrac{(b-a)\times 8}{(d-c)-(b-a)}$.

প্রশ্ন : ৪৬। অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার কিরূপে নির্ণয় করিবে? পরীক্ষালব্ধ ফল হইতে তুল্যাঙ্কভার গণনা কর।

উত্তর : নীতি—নির্দিষ্ট ওজনের জিঙ্কের সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নির্গত হাইড্রোজেনের আয়তন হইতে উহার ওজন বাহির করা হয় : $Zn+H_2SO_4 = ZnSO_4+H_2$. এখন অ্যাসিড হইতে 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে যত ভাগ ওজনের জিঙ্ক প্রয়োজন তাহাই জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার নির্দেশ করে।

পদ্ধতি—নির্দিষ্ট ওজনের বিশুদ্ধ জিঙ্ক একটি ছোট ওয়াচ-কাচে লইয়া উহা একটি বিকারে রাখিয়া ফানেল দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া হয় ; অতঃপর বিকারে জল ঢালিয়া ফানেলের নলটি সম্পূর্ণ ডুবাইয়া দেওয়া হয়। একটি একমুখ বন্ধ অংশাঙ্কিত গ্যাস-পরিমাপক নল জলপূর্ণ করিয়া ফানেলের ছোট নলটির উপর উল্টাইয়া খাড়াভাবে বসান হয় যেন নলটি সম্পূর্ণরূপে গ্যাস-পরিমাপক নলের ভিতর থাকে। এখন বিকারের জলে সামান্য গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও কয়েক ফোঁটা $CuSO_4$ দ্রবণ যোগ করিলে বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং বুদ্‌বুদ্‌ আকারে হাইড্রোজেন উঠিয়া অংশাঙ্কিত নলে জমা হয়। সমস্ত জিঙ্ক দ্রবীভূত হইলে নলটির খোলা মুখ জলের ভিতর রাখিয়া বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠের সাহায্যে উহাকে সতর্কভাবে বন্ধ করা হয় এবং বিকার হইতে উঠাইয়া একটি জলভর্তি লম্বা কাচ-পাত্রের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয়। কিছুক্ষণ পরে গ্যাসের উষ্ণতা ও জলাধারের উষ্ণতা সমান হইলে অংশাঙ্কিত নলটিকে কাগজের বন্ধনী দিয়া ধরিয়া উহার ভিতরের ও বাহিরের জলতল সমান করিয়া আবদ্ধ গ্যাসের আয়তন লওয়া হয়। সেই সময়ে ব্যারোমিটারের সাহায্যে বায়ুর চাপ ও থার্মোমিটারের সাহায্যে জলের উষ্ণতা দেখা হয়।



চিত্র ৫

গণনা : গৃহীত ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $=w$ গ্রাম ; সংগৃহীত হাইড্রোজেনের আয়তন $=V$ সি. সি. ; বায়ুচাপ $=P$ মি. মি. ; উষ্ণতা $=t^\circ C$; এবং $t^\circ C$ উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ $=f$ মি. মি.।

অতএব শুষ্ক হাইড্রোজেনের চাপ $=(P-f)$ মি. মি.। এখন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে হাইড্রোজেনের আয়তন V' সি. সি. হইলে,

$$\frac{760 \times V'}{273}=\frac{(P-f)\times V}{273+t} \text{ ; অথবা } V'=\frac{(P-f)\times V\times 273}{(273+t)\times 760} \text{ সি. সি.।}$$

যেহেতু প্রমাণ অবস্থায় 1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন $=0·00009$ গ্রাম ; অতএব সংগৃহীত হাইড্রোজেনের ওজন $=\frac{(P-f)\times V\times 273}{(273\times t)\times 760}\times 0·00009$ গ্রাম। ইহা w গ্রাম জিঙ্ক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

$$\text{সুতরাং জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার}=\frac{w\times(273+t)\times 760\times 1·008}{(P-f)\times V\times 273\times 0·00009}.$$

[**দ্রষ্টব্য :** হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম

ও আয়রণের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়। জিঙ্ক ব্যতীত অন্যান্য ক্ষেত্রে $CuSO_4$ দ্রবণ যোগ করিবার প্রয়োজন নাই।]

প্রশ্ন : ৪৭। পরীক্ষাগারে (ক) ম্যাগনেসিয়াম এবং (খ) কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিবার অক্সাইড পদ্ধতি সবিস্তারে বর্ণনা কর।

উত্তর : (ক) ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় : নীতি—ম্যাগনেসিয়াম বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে সরাসরি বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সাদা অক্সাইড যৌগে পরিণত হয় : $2Mg + O_2 = 2MgO$. ইহা হইতে ম্যাগনেসিয়ামের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ জানা যায়। এখন যত ভাগ ওজনের ম্যাগনেসিয়াম 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় তাহাই ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার।

পদ্ধতি—ঢাকনাসমেত একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক পোর্সিলেন মুচি ওজন করিয়া উহাতে এক টুকরা উজ্জ্বল ও পরিষ্কার ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা রাখিয়া পুনরায় উহার ওজন লওয়া হয়। এই দুই ওজনের পার্থক্য গৃহীত ম্যাগনেসিয়ামের পরিমাণ বুঝায়। এখন মুচিটিকে অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত ত্রিকোণের উপর রাখিয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে প্রথমে অল্প তাপে ও পরে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করা হয়; বায়ু প্রবেশের জন্য মাঝে মাঝে ঢাকনাটি সামান্য খুলিয়া দেওয়া হয়। ম্যাগনেসিয়ামের দহন ঘটিয়া উহা সম্পূর্ণরূপে সাদা ভস্মে (তথা অক্সাইডে) পরিবর্তিত হইলে ঢাকনাসমেত মুচিটি শোষকাধারে রাখিয়া ঠাণ্ডা করিয়া পুনরায় উহার ওজন লওয়া হয়। স্থির ওজন না পাওয়া পর্যন্ত ঢাকনাসমেত মুচিটি কয়েকবার উত্তপ্ত করিয়া ঠাণ্ডা করা হয় এবং পরে ওজন করা হয়।

গণনা : ঢাকনাসমেত পোর্সিলেন মুচির ওজন $= a$ গ্রাম; ঢাকনাসমেত মুচি + ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= b$; ঢাকনাসমেত মুচি + ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন $= c$ গ্রাম।

∴ গৃহীত ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= (b-a)$ গ্রাম; এবং সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (c-b)$ গ্রাম।

অতএব $(b-a)$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত $(c-b)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয়।

সুতরাং, ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{(b-a)\times 8}{(c-b)}$.

(খ) **কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় : নীতি**—কপার বায়ু বা অক্সিজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে সরাসরি অক্সাইডে পরিণত হয় না। সেইজন্য গাঢ় HNO_3-এ কপার দ্রবীভূত করিয়া প্রথমে কপার নাইট্রেট উৎপন্ন করা হয়; ইহাই উত্তাপে বিযোজিত হইয়া পরোক্ষভাবে কপার অক্সাইডে পরিণত হয়; $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$; $2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$. ইহা হইতে কপারের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ জানা যায়। এখন যত ভাগ ওজনের কপার 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় তাহাই কপারের তুল্যাঙ্কভার।

পদ্ধতি—প্রথমে ঢাকনাসহ একটি শুষ্ক ও পরিষ্কার পোর্সিলেন মুচি ওজন করা হয়। অতঃপর কয়েক টুক্‌রা বিশুদ্ধ তামার তার বা কুচি মুচিতে লইয়া ইহা আবার ওজন

করা হয়। এই দুই ওজনের পার্থক্য হইতে গৃহীত কপারের ওজন জানা যায়। এখন ঢাকনাটি অল্প সরাইয়া মুচিতে ফোঁটা ফোঁটা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া সঙ্গে সঙ্গে ঢাকিয়া দেওয়া হয়; ইহাতে কপারের টুক্‌রাগুলি সম্পূর্ণরূপে অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া $Cu(NO_3)_2$ দ্রবণ উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া শেষে দ্রবণ সমেত মুচিটি খোলা অবস্থায় জলগাহে রাখিয়া সতর্কতার সঙ্গে শুষ্ক করিলে কঠিন কপার নাইট্রেট মুচিতে পড়িয়া থাকে। এইবার মুচিটিকে অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত ত্রিকোণের উপর রাখিয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে কঠিন কপার নাইট্রেট বিযোজিত হইয়া কালো কপার অক্সাইডে পরিণত হয়। পরে মুচিটি শোষকাধারে ঠাণ্ডা করিয়া উহা ওজন করা হয়। ওজন স্থিরাংকে না আসা পর্যন্ত মুচিটি কয়েকবার উত্তপ্ত করিয়া ঠাণ্ডা করা হয় এবং পরে উহার ওজন লওয়া হয়।

গণনা : ঢাকনাসমেত পোর্সিলেন মুচির ওজন $= a$ গ্রাম; ঢাকনাসমেত মুচি $+$ কপারের ওজন $= b$ গ্রাম; এবং ঢাকনাসমেত মুচি $+$ কপার অক্সাইডের ওজন $= c$ গ্রাম।

অতএব কপারের ওজন $= (b-a)$ গ্রাম এবং যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (c-b)$ গ্রাম। সুতরাং কপারের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{(b-a)\times 8}{(c-b)}$.

[**দ্রষ্টব্য :** এই পদ্ধতিতে জিঙ্ক, আয়রণ, লেড ও টিনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়।]

প্রশ্ন : ৪৮। কিরূপে ধাতব অক্সাইড বিজারিত করিয়া উক্ত ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিবে?

উত্তর : নীতি—কপার, জিঙ্ক, লেড ও আয়রণের অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে উহারা বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়; $CuO + H_2 = Cu + H_2O$. ধাতব অক্সাইড ও উৎপন্ন ধাতুর ওজন হইতে সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন জানা যায়। এখন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যত ভাগ ওজনের ধাতু যুক্ত থাকে তাহাই ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার বুঝায়।

পদ্ধতি : ওজন-করা একটি শুষ্ক পোর্সিলেন নৌকায় অল্প শুষ্ক ও বিশুদ্ধ কালো কপার অক্সাইড রাখিয়া পুনরায় উহার ওজন লওয়া হয়। এইবার নৌকাটি একটি শক্ত কাচনলের ভিতর রাখিয়া কিছুক্ষণ হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিবার পর নলটিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় এবং গ্যাস চালনা অব্যাহত রাখা হয়। ইহাতে কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয়। বিক্রিয়া শেষে কপার সমেত নৌকাটি হাইড্রোজেন প্রবাহে ঠাণ্ডা করিয়া পরে শোষকাধারে কিছুক্ষণ রাখিয়া উহা ওজন করা হয়।

গণনা : শূন্য পোর্সিলেন নৌকার ওজন $= a$ গ্রাম; নৌকা $+$ কপার অক্সাইডের ওজন $= b$ গ্রাম; এবং নৌকা $+$ কপারের ওজন $= c$ গ্রাম।

অতএব কপারের ওজন $= (c-a)$ গ্রাম এবং যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (b-c)$ গ্রাম। সুতরাং, কপারের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{(c-a)\times 8}{(b-c)}$.

প্রশ্ন : ৪৯। সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম)-এর তুল্যাঙ্কভার কিরূপে নির্ণয় করা হয় ? গণনাসহ পরীক্ষা বর্ণনা কর।

উত্তর : নীতি—নির্দিষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম) ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে $AgNO_3$ দ্রবণ মিশাইলে সমস্ত ক্লোরিন AgCl-রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় : NaCl(বা KCl) + $AgNO_3$ = AgCl + $NaNO_3$(বা KNO_3)। অতএব সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম) ক্লোরাইডে যে পরিমাণ ক্লোরিন ছিল তাহা উৎপন্ন AgCl-স্থিত ক্লোরিনের ওজনের সমান। সুতরাং ইহা হইতে সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম) এবং সংযুক্ত ক্লোরিনের ওজন জানা যায়। এখন 35·453 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যত ভাগ ওজনের সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম) যুক্ত হয় তাহাই সোডিয়ামের (বা পটাসিয়ামের) তুল্যাঙ্কভার নির্দেশ করে।

পদ্ধতি—নির্দিষ্ট ওজনের বিশুদ্ধ সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম) ক্লোরাইড একটি বিকারে লইয়া উহা পাতিত জলে দ্রবীভূত করা হয়। অতঃপর দ্রবণে সামান্য লঘু HNO_3 মিশাইয়া উহা অতিরিক্ত $AgNO_3$ দ্রবণ ঢালিয়া কাচদণ্ডের সাহায্যে মিশ্রণটিকে আলোড়িত করা হয়। ইহাতে সাদা AgCl অধঃক্ষিপ্ত হয়। বিক্রিয়া শেষে দ্রবণ সামান্য গরম করিয়া পূর্বে ওজন-করা ফিল্টার কাগজে ছাঁকিয়া পাতিত জলে উত্তম-রূপে ধৌত করা হয়। এইবার ফিল্টার কাগজ সমেত অধঃক্ষেপ প্রথমে 100°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া ও পরে 130°C উষ্ণতায় বায়ু-চুল্লীতে সম্পূর্ণ শুষ্ক করিয়া উহার সঠিক ওজন লওয়া হয়। ইহা হইতে ফিল্টার কাগজের ওজন বাদ দিলে উৎপন্ন AgCl-এর ওজন পাওয়া যায়।

গণনা : সোসিয়াম (বা পটাসিয়াম) ক্লোরাইডের ওজন = a গ্রাম ; এবং উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন = b গ্রাম।

যেহেতু (107·8 + 35·5) বা 143·3 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে 35·5 গ্রাম ক্লোরিন থাকে ; ∴ b গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ $= \frac{35\cdot5 \times b}{143\cdot3} = x$ গ্রাম (ধরা হইল)। অতএব a গ্রাম সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম) ক্লোরাইডে সোডিয়ামের (বা পটাসিয়ামের) ওজন = (a − x) গ্রাম।

সুতরাং সংজ্ঞানুসারে, সোডিয়ামের (বা পটাসিয়ামের) তুল্যাঙ্কভার

$$= \frac{(a-x)\times 35\cdot5}{x} = 143\cdot3 \times \frac{a}{b} - 35\cdot5$$ (x এর মান বসাইয়া)।

প্রশ্ন : ৫০। একটি ধাতুর দ্বারা অপর একটি ধাতু প্রতিস্থাপন করিয়া কিরূপে ধাতব তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিবে ? অথবা, হাইড্রোজেন অপেক্ষা কম তড়িৎ-ধনাত্মক মৌলের তুল্যাঙ্কভার কিরূপে নির্ণয় করা হয় ? পরীক্ষার কার্যপদ্ধতি ও গণনার বিবরণ দাও।

উত্তর : নীতি—তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে যে ধাতুর স্থান যত ঊর্ধ্বে তাহা তত বেশী তড়িৎ-ধনাত্মক। সাধারণভাবে বেশী তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু কম তড়িৎ-ধনাত্মক

ধাতুর লবণের দ্রবণ হইতে ধাতুটি উহাদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে প্রতিস্থাপিত করে। তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নীচে কপারের স্থান ; অর্থাৎ কপার হাইড্রোজেন অপেক্ষা কম তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল। জিঙ্ক হাইড্রোজেনের উপরে থাকায় উহা বেশী তড়িৎ-ধনাত্মক। অতএব $CuSO_4$ দ্রবণে নির্দিষ্ট পরিমাণ জিঙ্ক ডুবাইলে ইহা দ্রবীভূত হয় এবং ধাতব কপারের অধঃক্ষেপ পড়ে : $CuSO_4+Zn=ZnSO_4+Cu$. এখন জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার জানা থাকিলে কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়।

পদ্ধতি—একটি বিকারে $CuSO_4$ দ্রবণ লইয়া উহাতে নির্দিষ্ট ওজনের এক টুকরা বিশুদ্ধ জিঙ্ক যোগ করা হয়। জিঙ্ক ক্রমশঃ দ্রবীভূত হইতে থাকে এবং লাল বর্ণের কপার গুঁড়া অবস্থায় বিকারের নীচে জমা হয়। বিক্রিয়া শেষে অধঃক্ষিপ্ত কপার পূর্বে ওজন করা ফিল্টার কাগজে ছাঁকিয়া উহাকে পাতিত জল দ্বারা ধৌত করিয়া মিশ্রিত $CuSO_4$ দ্রবণ সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করা হয়। পরে ফিল্টার কাগজ সমেত কপার বায়ু-চুল্লীতে শুষ্ক করিয়া উহার সঠিক ওজন লওয়া হয়।

গণনা—জিঙ্কের ওজন = a গ্রাম, এবং উৎপন্ন কপারের ওজন = b গ্রাম।

যেহেতু জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার = 32·75 (জ্ঞাত), অতএব কপারের তুল্যাঙ্কভার

$$=\frac{\text{কপারের ওজন}}{\text{জিঙ্কের ওজন}}\times \text{জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার}=\frac{b}{a}\times 32{\cdot}75.$$

[**দ্রষ্টব্য :** $AgNO_3$ দ্রবণ হইতে জিঙ্ক বা কপার দ্বারা Ag, $CuSO_4$ দ্রবণ হইতে আয়রণ দ্বারা Cu প্রতিস্থাপিত হয়। সুতরাং এই পদ্ধতিতে Ag, Cu, Zn, Fe প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা সম্ভব।]

প্রশ্ন : ৫১। সিলভারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পরীক্ষা বর্ণনা কর।

উত্তর : নীতি—নাইট্রিক অ্যাসিডে সিলভার দ্রবীভূত হইয়া সিলভার নাইট্রেট উৎপন্ন করে। ইহাতে HCl মিশাইলে AgCl অধঃক্ষিপ্ত হয় : $Ag+2HNO_3=AgNO_3+NO_2+H_2O$; $AgNO_3+HCl=AgCl+HNO_3$. উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডে 35·453 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যত ভাগ ওজনের সিলভার যুক্ত থাকে তাহাই সিলভারের তুল্যাঙ্কভার বুঝায়।

পদ্ধতি—নির্দিষ্ট পরিমাণ একখণ্ড বিশুদ্ধ সিলভারের পাত একটি বিকারে লইয়া উহাতে গাঢ় HNO_3 ঢালিয়া সমস্ত সিলভার দ্রবীভূত করিলে $AgNO_3$ দ্রবণ উৎপন্ন হয়। অতঃপর এই দ্রবণে অতিরিক্ত HCl যোগ করিয়া ভালভাবে মিশান হয়। ইহাতে সমস্ত সিলভার সাদা সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া বিকারের তলায় জমা হয়। সাদা অধঃক্ষেপ ওজন-করা ফিল্টার কাগজে ছাঁকিয়া পাতিত জলে উত্তমরূপে ধৌত করা হয়। এইবার অধঃক্ষেপ সমেত ফিল্টার কাগজটি প্রথমে 100°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া এবং পরে 130°C উষ্ণতায় বায়ু-চুল্লীতে শুষ্ক করিয়া উহার সঠিক ওজন লওয়া হয়। এই ওজন হইতে ফিল্টার কাগজের ওজন বাদ দিলে উৎপন্ন AgCl-এর ওজন পাওয়া যায়।

গণনা : সিলভারের ওজন = a গ্রাম, এবং উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন = b গ্রাম। ∴ সংযুক্ত ক্লোরিনের ওজন = (b − a) গ্রাম।

সুতরাং সিলভারের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{\text{সিলভারের ওজন} \times 35.5}{\text{সংযুক্ত ক্লোরিনের ওজন}} = \dfrac{a \times 35.5}{(b-a)}$.

[**দ্রষ্টব্য :** এই পদ্ধতিতে সিলভারের তুল্যাঙ্কভার জানা থাকিলে ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার গণনা করা যায়। যেমন ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{(b-a) \times 107.88}{a}$.

প্রশ্ন : ৫২। (ক) মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বলিতে কি বুঝায়? (খ) পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে বর্তমানে অক্সিজেনকে প্রমাণরূপে ধরা হয় কেন?

উত্তর : (ক) ২৫ (iii) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(খ) সাধারণভাবে লঘুতম মৌল হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনকে এককরূপে ধরিয়া অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ওজন ও আণবিক ওজন স্থির করা হয়। কিন্তু বর্তমানে অক্সিজেন পরমাণুর ওজনকে 16 ধরিয়া সেই অনুপাতে মৌলের পারমাণবিক ওজন প্রকাশ করা হয়। ইহার কারণ—

(১) হাইড্রোজেন অপেক্ষা অক্সিজেনের সহিত বিভিন্ন মৌল সহজেই যৌগ গঠন করে। (২) সর্বাপেক্ষা হাল্কা মৌল হাইড্রোজেনের সাহায্যে পরিমাপ করিলে ত্রুটি থাকিবার সম্ভাবনা থাকে; কিন্তু অক্সিজেনের ক্ষেত্রে এইরূপ ত্রুটি খুবই কম। (৩) হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনকে একক ধরিয়া হিসাব করিলে বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ওজনগুলি প্রায়ই পূর্ণ-সংখ্যা হয় না, কিন্তু অক্সিজেন অনুযায়ী উহারা প্রায়ই পূর্ণ-সংখ্যা হয়।

প্রশ্ন : ৫৩। মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিবার বিভিন্ন রাসায়নিক পদ্ধতি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর : মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি প্রয়োগ করা হয় :—

(১) **মৌলের তুল্যাঙ্কভার হইতে**—যেহেতু পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা এবং যোজ্যতা একটি সরল পূর্ণ-সংখ্যা; অতএব রাসায়নিক উপায়ে কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার স্থির করিয়া উহাকে যোজ্যতা দ্বারা গুণ করিলেই মৌলের সঠিক ও নির্ভুল পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়। যেমন কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার E এবং যোজ্যতা V হইলে, উহার পারমাণবিক ওজন $= E \times V$.

(২) **ক্যানিজারো পদ্ধতি** তথা **অ্যাভোগ্যাড্রো সূত্রের সাহায্যে**—এই পদ্ধতিতে গ্যাসীয় মৌলের এবং গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী যৌগ গঠনকারী মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয়। এই পদ্ধতিতে কোন একটি মৌলের বিভিন্ন যৌগের ভিন্ন ভিন্ন আণবিক গুরুত্বের মধ্যে সেই মৌলের যে ক্ষুদ্রতম ওজন পাওয়া যায় তাহাই পারমাণবিক গুরুত্ব নির্দেশ করে; কারণ পরমাণু অবিভাজ্য বলিয়া যৌগের অণুতে উহার

মৌলগুলির একটির চেয়ে কম পরমাণু কখনও থাকিতে পারে না। যেমন নাইট্রোজেনের বিভিন্ন গ্যাসীয় যৌগের আণবিক ওজনগুলিতে নাইট্রোজেনের ক্ষুদ্রতম ওজন 14 পাওয়া যায়। সুতরাং নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 14.

(৩) **উদ্বায়ী ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব হইতে**—মাত্রিক রাসায়নিক বিশ্লেষণ দ্বারা নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন ধাতব মৌলের ক্লোরাইড যৌগে মৌল ও ক্লোরিনের পরিমাণ স্থির করিয়া উহা হইতে মৌলের তুল্যাঙ্কভার জানা যায়। এখন M মৌলের তুল্যাঙ্কভার E ও যোজ্যতা v হইলে, মৌলের সঠিক পারমাণবিক ওজন $=E\times v$. আবার উক্ত মৌলের ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত MCl_v ; অতএব উহার আণবিক ওজন $=E\times v+35\cdot46v=V\ (E+35\cdot46)$. সুতরাং $v=\frac{\text{ক্লোরাইডের আণবিক ওজন}}{E+35\cdot46}=\frac{2\times\text{ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব}}{E+35\cdot46}$। এখন বাষ্প-ঘনত্ব জানা থাকিলে মৌলের যোজ্যতা আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা ধরিয়া উহা দ্বারা তুল্যাঙ্কভারকে গুণ করিলেই মৌলের সঠিক পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়।

(৪) **ডুলং ও পেটিট-সূত্রের সাহায্যে**—সূত্র হইতে পাই, মৌলের পারমাণবিক ওজন ও উহার আপেক্ষিক তাপের গুণফলের পরিমাণ আনুমানিক 6·4 ; অতএব কঠিন মৌলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করিয়া সেই সংখ্যা দ্বারা 6·4 কে ভাগ করিলেই উক্ত মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়। ইহাকে তুল্যাঙ্কভার দ্বারা ভাগ করিলে মৌলের যোজ্যতা বাহির হয়। যোজ্যতা আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা ধরিয়া মৌলের তুল্যাঙ্কভারকে উহার যোজ্যতা দ্বারা গুণ করিলেই মৌলের সঠিক পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়।

(৫) **সমাকৃতি সূত্রের সাহায্যে**—মির্ত্সারলিসের সমাকৃতি সূত্র হইতে পাই, সমাকৃতি যৌগে সদৃশ মৌলগুলি পরমাণু-সংখ্যা হিসাবে একটি অপরটিকে প্রতিস্থাপিত করে ; ফলে মৌলগুলির প্রতিস্থাপিত ওজন উহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের সমানুপাতিক হয়। যেমন দুইটি সমাকৃতি যৌগে x ও y পারমাণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট A ও B মৌল দুইটি যথাক্রমে w_1 ও w_2 ওজনের পরিমাণে প্রতিস্থাপিত করিলে, $w_1/w_2=x/y$. অতএব একটি মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব এবং মৌল দুইটির প্রতিস্থাপিত ওজন জানিলে অপর মৌলটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়।

প্রশ্ন : ৫৪। ডুলং ও পেটিট সূত্রটি লিখ। মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে ইহার প্রয়োগ-বিধি ব্যাখ্যা কর। এই পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা কি ?

উত্তর : ডুলং ও পেটিট সূত্র—কোন কঠিন মৌলের পরমাণু-তাপ অর্থাৎ মৌলের আপেক্ষিক তাপ ও উহার পারমাণবিক ওজনের গুণফল সর্বদা একই থাকে এবং ইহার পরিমাণ আনুমানিক 6·4 হয়। অর্থাৎ আপেক্ষিক তাপ × পারমাণবিক ওজন = পরমাণু-তাপ = 6·4 (আনুমানিক)। ∴ আনুমানিক পারমাণবিক ওজন =

$\frac{6.4}{\text{আপেক্ষিক-তাপ}}$। সুতরাং প্রথমে কঠিন মৌলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করিতে হয় ; পরে এই সংখ্যা দ্বারা 6·4 কে ভাগ করিলেই উক্ত মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন বাহির হয়। এইভাবে কঠিন মৌলের সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব হয়।

কিন্তু ডুলং ও পেটিট সূত্রের সাহায্যে কঠিন মৌলের সঠিক বা নির্ভুল পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিতে হইলে নিম্নলিখিত উপায় তথা নিয়ম অবলম্বন করিতে হয়। যথা—

(i) কঠিন মৌলের আপেক্ষিক তাপ স্থির করিয়া ডুলং এবং পেটিটের সূত্র প্রয়োগে উহার আনুমানিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিতে হয়। (ii) অতঃপর মাত্রিক বিশ্লেষণ দ্বারা সেই মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়। (iii) পরে উপরোক্ত আনুমানিক পারমাণবিক ওজনকে তুল্যাঙ্কভার দিয়া ভাগ করিয়া মৌলের যোজ্যতা স্থির করা হয় ; ভাগফল ভগ্নাংশ হইলে আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যাকে মৌলের সঠিক যোজ্যতা ধরা হয়। (iv) সর্বশেষে, মৌলের তুল্যাঙ্কভারকে এই যোজ্যতা সংখ্যা দ্বারা গুণ করিয়া মৌলের নির্ভুল পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়।

যেমন, ম্যাগনেসিয়ামের আপেক্ষিক তাপ $=0.262$; অতএব ডুলং এবং পেটিটের সূত্র প্রয়োগে উহার আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব $=\frac{6.4}{0.262}=24.4$ হয়। মাত্রিক বিশ্লেষণ দ্বারা ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 12·15 পাওয়া যায়। অতএব উহার যোজ্যতা $=\frac{\text{আনুমানিক পাঃ গুরুত্ব}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}}=\frac{24.4}{12.15}=2.01$ হয় ; কিন্তু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না, সেইজন্য আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা 2 উহার যোজ্যতা হইবে। সুতরাং ম্যাগনেসিয়ামের সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব $=$ তুল্যাঙ্কভার $\times$ যোজ্যতা $=12.15\times 2=24.30$.

সীমাবদ্ধতা—এই সূত্রের সাহায্যে কেবলমাত্র কঠিন মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়। তদুপরি বোরন, কার্বন, সিলিকন, বেরিলিয়াম প্রভৃতি কয়েকটি কঠিন মৌলের ক্ষেত্রে ইহার ব্যতিক্রম দেখা যায়।

প্রশ্ন : ৫৫। (ক) পরমাণু-তাপ কাহাকে বলে ? ইহার সহিত মৌলের পারমাণবিক গুরুত্বের সম্পর্ক আছে কি ? সূত্রটি কি ? ইহার সংজ্ঞা লিখ। (খ) এই সূত্রের সাহায্যে কোন কঠিন মৌলের সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের জন্য কি উপায় অবলম্বন করিতে হয়।

উত্তর : (ক) পরমাণু-তাপ—কোন মৌলের আপেক্ষিক তাপ ও উহার পারমাণবিক গুরুত্বের গুণফলকে পরমাণু-তাপ বা পারমাণবিক তাপ বলে। সাধারণতঃ কঠিন মৌলের ক্ষেত্রে পরমাণু-তাপ সর্বদা একই হয় এবং উহার পরিমাণ প্রায় 6·4. অতএব কঠিন মৌলের পরমাণু-তাপের সহিত উহার পারমাণবিক গুরুত্বের সম্পর্ক বর্তমান ; অর্থাৎ আপেক্ষিক তাপ $\times$ পারমাণবিক গুরুত্ব $=$ পরমাণু-তাপ $=6.4$ (প্রায়)।

সুতরাং পারমাণবিক গুরুত্ব $=\frac{6.4}{\text{আপেক্ষিত তাপ}}$ ইহাই ডুলং ও পেটিটের সূত্র নামে

অভিহিত। সূত্রটি এইরূপ—যে-কোন কঠিন মৌলের পরমাণু-তাপ অর্থাৎ মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব ও উহার আপেক্ষিক তাপের গুণফল সর্বদা সমান হয় এবং ইহার পরিমাণ 6·4. ইহার সাহায্যে কঠিন মৌলের কেবলমাত্র আনুমানিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়।

(খ) ৫৪ নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ৫৬। (ক) সমাকৃতি কেলাস বা সমাকৃতি পদার্থ ও সমাকৃতিত্ব বলিতে কি বুঝায়? উদাহরণ দাও। ইহার লক্ষণগুলি উল্লেখ কর। (খ) সমাকৃতি সূত্র ব্যাখ্যাসহ বিবৃত কর। মৌলের সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে ইহার প্রয়োগ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : (ক) **সমাকৃতি কেলাস** বা **সমাকৃতি পদার্থ** ও **সমাকৃতিত্ব**—যে সকল কেলাস একই রকমের সংকেত বিশিষ্ট একই আকারের কেলাস গঠন করে, পরস্পর মিশ্র কেলাস তৈরী করে এবং একটির কেলাসের উপর অপরটি আস্তরণ ফেলিতে পারে তাহাদিগকে সমাকৃতি কেলাস বলে; এবং কেলাস গঠনের এইরূপ ধর্মকে অর্থাৎ সমাকৃতি কেলাসরূপে অবস্থানকে সমাকৃতিত্ব বলা হয়। যেমন জিঙ্ক সালফেট ($ZnSO_4.7H_2O$) ও ফেরাস সালফেট ($FeSO_4.7H_2O$) সমাকৃতি কেলাস; সেইজন্য উহাদের আকৃতি ও সংকেত একরকম; তদুপরি উহাদের মিশ্র দ্রবণ কেলাসিত করিলে জিঙ্ক সালফেট ও ফেরাস সালফেটের সমসত্ব মিশ্র কেলাস পাওয়া যায় এবং জিঙ্ক সালফেটের একটি কেলাস ফেরাস সালফেটের সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে রাখিলে উহার উপর ফেরাস সালফেট জমিয়া আয়তন বৃদ্ধি করে। সমাকৃতি কেলাসের অন্যান্য উদাহরণ—(১) পটাসিয়াম সালফেট (K_2SO_4), পটাসিয়াম সেলিনেট (K_2SeO_4) ও পটাসিয়াম ক্রোমেট (K_2CrO_4); (২) পটাস ফট্‌কিরি [$K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$] ও ক্রোম ফট্‌কিরি [$K_2SO_4.Cr_2(SO_4)_3.24H_3O$]; (৩) কিউপ্রাস সালফাইড (Cu_2S) ও সিলভার সালফাইড Ag_2S); (৪) পটাসিয়াম পারক্লোরেট ($KClO_4$) ও পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) প্রভৃতি।

দুইটি সমাকৃতি কেলাসের মধ্যে নিম্নলিখিত লক্ষণ দেখা যায় :—(১) কেলাস দুইটি একই আকৃতি ও সংকেত বিশিষ্ট হয়; ফলে কেলাসদ্বয় বিভিন্ন আয়তনের হইলেও উহাদের পৃষ্ঠতল ও কোণের সংখ্যা এবং অনুরূপ কোণের পরিমাপ একই থাকে। (২) দুইটির মিশ্র দ্রবণ কেলাসিত করিলে উভয় পদার্থ লইয়া সমসত্ব কেলাস তথা মিশ্র কেলাস উৎপন্ন হয়। (৩) যে-কোন একটির সম্পৃক্ত দ্রবণে অপরটির একটি ক্ষুদ্রাকার কেলাস রাখিলে উহার উপর অপরটি জমিতে থাকে, কিন্তু আয়তন বৃদ্ধি পাইলেও আকারের কোন পার্থক্য হয় না।

কেবলমাত্র দুইটি পদার্থের আকৃতিগত মিল থাকিলে উহারা সমাকৃতি কেলাস না-ও হইতে পারে; যেমন খাদ্যলবণ ও হীরার কেলাস।

(খ) **মিতসারলিসের সমাকৃতি সূত্র**—একই সংখ্যক পরমাণু একইভাবে যুক্ত হইয়া সমাকৃতি কেলাস গঠন করে। এই সকল কেলাসের আকৃতি উহাদের

পরমাণুগুলির সংখ্যা ও উহারা কিভাবে যুক্ত তাহার উপর নির্ভর করে, পরমাণুর রাসায়নিক ধর্মের উপর নির্ভর করে না। যেমন—$ZnSO_4,7H_2O$ ও $MgSO_4, 7H_2O$ সমাকৃতি কেলাস দুইটির অণুতে পরমাণু-সংখ্যা সমান এবং উহারা একইভাবে যুক্ত অর্থাৎ উহাদের গঠন এক; পার্থক্য শুধু একটিতে জিঙ্ক ও অন্যটিতে ম্যাগনেসিয়াম পরমাণু আছে।

পারমাণবিক ওজন নির্ণয়—মনে করিলাম, $ZnSO_4.7H_2O$-এর সহিত একটি ধাতুর (M) সালফেট সমাকৃতি এবং উহাতে শতকরা a ভাগ ধাতু আছে। এই ধাতুর পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিতে হইবে।

সমাকৃতি সূত্র অনুসারে, সমাকৃতি কেলাসের অণুতে পরমাণু-সংখ্যা সমান থাকে বলিয়া ধাতব মৌল দুইটি সমান সংখ্যক পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। সেইজন্য সমাকৃতি কেলাসটিতে Zn-পরমাণুর পরিবর্তে এক পরমাণু M ধাতু থাকিবে। সুতরাং উহার সংকেত $MSO_4.7H_2O$ হইবে। এখন M ধাতুর পারমাণবিক ওজন যদি x হয়, তবে সমাকৃতি কেলাস $MSO_4.7H_2O$-এর আণবিক ওজন $=x+32+64+18\times7=x+222$. অতএব সমাকৃতি কেলাসে M ধাতুর শতকরা পরিমাণ $=\frac{x\times100}{x+222}$;

সুতরাং $\frac{100x}{x+222}=a$.

সুতরাং সমাকৃতি কেলাসে M ধাতুটির শতকরা পরিমান a জ্ঞাত থাকিলে উহার পারমাণবিক ওজন x উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

গাণিতিক উদাহরণ

(ক) তুল্যাঙ্কভার সম্পর্কিত—

১। কোনও ধাতুর 0·2 গ্রাম বায়ুতে পোড়াইলে 0·333 গ্রাম ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত?

উত্তর: ধাতুর ওজন = 0·2 গ্রাম এবং ধাতব অক্সাইডের ওজন = 0·333 গ্রাম। অতএব ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন = (0·333 − 0·2) = 0·133 গ্রাম।

$$\therefore \text{ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ধাতুর ওজন}\times8}{\text{যুক্ত অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{0{\cdot}2\times8}{0{\cdot}133} = 12{\cdot}03.$$

২। 1·58 গ্রাম উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিলে 0·36 গ্রাম জল ও 1·26 গ্রাম কপার পাওয়া যায়। অক্সিজেন ও কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

উত্তর: কপার অক্সাইডের ওজন = 1·58 গ্রাম; উৎপন্ন কপারের ওজন = 1·26 গ্রাম; উৎপন্ন জলের ওজন = 0·36 গ্রাম। ∴ অক্সিজেনের ওজন = (1·58 − 1·26) = 0·32 গ্রাম এবং হাইড্রোজেনের ওজন = (0·36 − 0·32) = 0·04 গ্রাম।

$$\therefore \text{ অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{অক্সিজেনের ওজন}}{\text{যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{0{\cdot}32}{0{\cdot}04} = 8. \text{ এবং}$$

$$\text{কপারের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{কপার ওজন} \times 8}{\text{যুক্ত অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{1{\cdot}26 \times 8}{0{\cdot}32} = 31{\cdot}5.$$

৩। একটি ধাতব অক্সাইডে 52·91% ধাতু আছে। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

উত্তর : ধাতুর ওজন = 52·91 ভাগ ; অক্সিজেনের ওজন = (100 − 52·91) = 47·09 ভাগ।

$$\therefore \text{ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ধাতুর ওজন} \times 8}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{52{\cdot}91 \times 8}{47{\cdot}09} = 8{\cdot}98.$$

৪। ধাতব কপার দুইটি অক্সাইড গঠন করে। প্রত্যেকটি 1 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে 0·799 গ্রাম ও 0·888 গ্রাম অবশেষ থাকে। কপারের তুল্যাঙ্কভারের দুইটি মান নির্ণয় কর।

উত্তর : কপার অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে বিজারণের ফলে ধাতব কপার অবশেষরূপে থাকে এবং জল বাষ্প হইয়া নির্গত হয়।

প্রথম অক্সাইডে, কপারের ওজন = 0·799 গ্রাম ; ∴ অক্সিজেনের ওজন = (1 − 0·799) = 0·201 গ্রাম। সুতরাং কপারের তুল্যাঙ্কভার = $\frac{0{\cdot}799 \times 8}{0{\cdot}201} = 31{\cdot}8.$

দ্বিতীয় অক্সাইডে, কপারের ওজন = 0·888 গ্রাম ; ∴ অক্সিজেনের ওজন = (1 − 0·888) = 0·112 গ্রাম। সুতরাং কপারের তুল্যাঙ্কভার = $\frac{0{\cdot}888 \times 8}{0{\cdot}112} = 63{\cdot}6.$

৫। কোন মৌলের ক্লোরাইডে 38·11% ক্লোরিন থাকিলে মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

উত্তর : ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ = 38·11%, অতএব মৌলের পরিমাণ = (100 − 38·11) = 61·89% ; অর্থাৎ ক্লোরাইডে 38·11 ভাগ ক্লোরিন 61·89 ভাগ মৌলের সহিত যুক্ত আছে।

$$\text{সুতরাং মৌলের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 35{\cdot}5}{\text{যুক্ত ক্লোরিনের ওজন}} = \frac{61{\cdot}89 \times 35{\cdot}5}{38{\cdot}11} = 57{\cdot}65.$$

৬। কোন ধাতুর 0·082 গ্রাম লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 15·5 সি. সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত ?

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় 1·55 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন = (15·5 × 0·000089) = 0·013795 গ্রাম ; ইহা উৎপন্ন করিতে 0·082 গ্রাম ধাতু প্রয়োজন হয়।

$$\therefore \text{ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{উৎপন্ন } H_2\text{-এর ওজন}} = \frac{0{\cdot}082}{0{\cdot}013795} = 59{\cdot}41.$$

৭। 12°C উষ্ণতায় ও 766 মি. মি. চাপে 0·177 গ্রাম ধাতুর সহিত লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে 177 সি. সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার গণনা কর।

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন V সি. সি. হইলে,

$$\frac{760 \times V}{273} = \frac{766 \times 177}{273+12};\ \therefore\ V = \frac{766 \times 177 \times 273}{285 \times 760} = 170{\cdot}9 \text{ সি. সি.।}$$

অতএব উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন $= 170{\cdot}9 \times 0{\cdot}000089$ গ্রাম। সুতরাং ধাতুর

$$\text{তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{উৎপন্ন } H_2\text{-এর ওজন}} = \frac{0{\cdot}177}{170{\cdot}9 \times 0{\cdot}000089} = 11{\cdot}62.$$

৮। লঘু অ্যাসিডে 8·15 গ্রাম জিঙ্ক দ্রবীভূত করিলে 28°C উষ্ণতায় ও 763 মি.মি. চাপে জলের উপর 575 সি. সি. হাইড্রোজেন সংগৃহীত হইল। জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার কত ? (28°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প চাপ = 28 মি.মি.।)

উত্তর : শুষ্ক হাইড্রোজেনের চাপ $= (763 - 28) = 735$ সি. সি.। এখন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন V সি.সি. হইলে,

$$\frac{760 \times V}{272} = \frac{735 \times 57{\cdot}5}{273+28};\ \therefore\ V = \frac{735 \times 57{\cdot}5 \times 273}{301 \times 760} = 50{\cdot}44 \text{ সি. সি.}$$

অতএব উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন $= 50{\cdot}44 \times 0{\cdot}000089$ গ্রাম। সুতরাং জিঙ্কের

$$\text{তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{জিঙ্কের ওজন}}{\text{উৎপন্ন } H_2\text{-এর ওজন}} = \frac{0{\cdot}15}{50{\cdot}44 \times 0{\cdot}000089} = 33{\cdot}41.$$

৯। 1·49 গ্রাম KCl জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে 2·87 গ্রাম AgCl অধঃক্ষিপ্ত হয়। পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার কত ? (Ag = 107·88 ; Cl = 35·46).

উত্তর : আমরা জানি, (107·88 + 35·46) = 143·34 গ্রাম AgCl-এ 35·46 গ্রাম ক্লোরিন থাকে ; অতএব 2·87 গ্রাম AgCl-এ ক্লোরিনের পরিমাণ $= \frac{35{\cdot}46 \times 2{\cdot}87}{143{\cdot}34}$ $= 0{\cdot}7101$ গ্রাম। এই পরিমাণ ক্লোরিন 1·49 গ্রাম KCl-এ বর্তমান, কারণ এই ক্লোরিনই AgCl-রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। অতএব 0·7101 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত পটাসিয়ামের পরিমাণ $= (1{\cdot}49 - 0{\cdot}7101) = 0{\cdot}7799$ গ্রাম।

$$\text{সুতরাং পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{0{\cdot}7799 \times 35{\cdot}46}{0{\cdot}7101} = 38{\cdot}94.$$

বিকল্প পদ্ধতি : মনে কর, পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার = x

সুতরাং, $\frac{\text{KCl-এর ওজন}}{\text{AgCl-এর ওজন}} = \frac{x + 35{\cdot}46}{107{\cdot}88 + 35{\cdot}46}$. কিন্তু দেওয়া আছে, KCl-এর ওজন = 2·49 গ্রাম এবং উৎপন্ন AgCl-এর ওজন = 2·87 গ্রাম।

$$\therefore\ \frac{x + 35{\cdot}46}{143{\cdot}34} = \frac{1{\cdot}49}{2{\cdot}87};\ \text{অর্থাৎ } x = \left(\frac{1{\cdot}49}{2{\cdot}87} \times 143{\cdot}34\right) - 35{\cdot}46 = 38{\cdot}94.$$

১০। 2·8 গ্রাম জিঙ্ক ক্লোরাইডের সমস্ত ক্লোরিন AgCl-রূপে অধঃক্ষিপ্ত করিতে 4·433 গ্রাম সিলভারের প্রয়োজন হয়। জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার গণনা কর। সিলভার ও ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 107·8 এবং 35·46.

উত্তর : AgCl-এ 107·88 গ্রাম সিলভারের সহিত 35·46 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত থাকে। সুতরাং 4·433 গ্রাম সিলভারের সহিত যুক্ত ক্লোরিনের ওজন $=\frac{35.46\times 4.433}{107.88}=1.457$ গ্রাম। এই পরিমাণ ক্লোরিন 2·8 গ্রাম জিঙ্ক ক্লোরাইড হইতে আসে। অতএব জিঙ্কের ওজন $=(2.8-1.457)=1.343$ গ্রাম।

সুতরাং জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{1.343\times 35.46}{1.457}=32.68.$

১১। $AgNO_3$ দ্রবণে 0·3 গ্রাম জিঙ্ক যোগ করিলে 1·0 গ্রাম সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়। জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার 32·5 হইলে সিলভারের তুল্যাঙ্কভার কত ?

উত্তর : মনে করিলাম, সিলভারের তুল্যাঙ্কভার $=x$; যেহেতু ধাতুর প্রতিস্থাপন দুইটি ধাতুর তুল্যাঙ্কের অনুপাতে হয় এবং 0·3 গ্রাম জিঙ্ক 1·0 গ্রাম সিলভার প্রতিস্থাপন করে, অতএব $\frac{x}{32.5}=\frac{1.0}{0.3}$; অর্থাৎ $x=\frac{32.5}{0.3}=108.33.$

সুতরাং সিলভারের তুল্যাঙ্কভার $=108.33.$

১২। কোন মৌলের 0·2670 গ্রাম ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণরূপে অক্সাইডে পরিবর্তিত করিলে 0·1020 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। মৌলটির তুল্যাঙ্কভার গণনা কর।

উত্তর : মনে করিলাম, মৌলের তুল্যাঙ্কভার $=x$; যেহেতু অক্সিজেন ও ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 8 এবং 35·5 ; অতএব x গ্রাম ধাতু যথাক্রমে $(x+8)$ গ্রাম অক্সাইড এবং $(x+35)$ গ্রাম ক্লোরাইড গঠন করে। সুতরাং,

$$\frac{\text{অক্সাইডের ওজন}}{\text{ক্লোরাইডের ওজন}}=\frac{x+8}{x+35.5}=\frac{0.1020}{0.2670}\text{ ; অথবা } x=8.999.$$

সুতরাং মৌলটির তুল্যাঙ্কভার $=8.999.$

১৩। অ্যালুমিনিয়াম ও ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 8·99 এবং 35·46 হইলে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডে ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ কত ?

উত্তর : মৌলগুলি তুল্যাঙ্কভারের অনুপাতে পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। সুতরাং 8·99 ভাগ ওজনের অ্যালুমিনিয়াম 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত সংযোগে $(8.99+35.46)=44.45$ ভাগ অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

যেহেতু 44·45 ভাগ অনার্দ্র ক্লোরাইডে 35·46 ভাগ ক্লোরিন থাকে, সুতরাং অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডে ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ $=\frac{35.46\times 100}{44.45}=79.77.$

১৪। কোন ধাতুর 1·91 গ্রাম সালফাইড যৌগকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করিলে 1·59 গ্রাম অক্সাইড যৌগ পাওয়া যায়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

উত্তর : মনে করিলাম, ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $=x$. সালফাইড ও অক্সাইড যৌগে ধাতুটি যথাক্রমে সালফার ও অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে। যেহেতু সালফার ও

অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 16 এবং 8 ; অতএব x গ্রাম ধাতু (x+16) গ্রাম সালফাইড এবং (x+8) গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন করে। সুতরাং

$$\frac{\text{ধাতব সালফাইডের ওজন}}{\text{ধাতব অক্সাইডের ওজন}}=\frac{x+16}{x+8}=\frac{1·91}{1·59}$$; অথবা x = 31·75.

সুতরাং ধাতুর তুল্যাঙ্কভার = 31·75

১৬। 0·262 গ্রাম কার্বন অক্সিজেনে পোড়াইলে প্রমাণ অবস্থায় 490 সি.সি. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। কার্বনের তুল্যাঙ্কভার কত ?

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন 44 গ্রাম।

অতএব 490 সি. সি. CO_2 এর ওজন = $\frac{44 \times 490}{22400}$ = 0·9627 গ্রাম।

কিন্তু কার্বনের ওজন = 0·262 গ্রাম ; ∴ যুক্ত অক্সিজেনের ওজন = (0·9627 − 0·262) = 0·7007 গ্রাম। সুতরাং, কার্বনের তুলাঙ্কভার = $\frac{0·262 \times 8}{0·7006}$ = 3·001.

১৬। সোডিয়াম সালফেট দ্রবণের সহিত 1 গ্রাম অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বিক্রিয়া করিয়া 1·225 গ্রাম ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে। ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার কত ? (ক্লোরিন ও সালফেট মূলকের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 35·5 ও 48)।

উত্তর : মনে করিলাম, ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার = x ; যেহেতু ক্লোরিন ও সালফেট মূলকের তুল্যাঙ্কভার 35·5 ও 48, অতএব x গ্রাম ক্যালসিয়াম (x+34·5) গ্রাম অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং (x+48) গ্রাম ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে।

সুতরাং, $$\frac{\text{ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ওজন}}{\text{ক্যালসিয়াম সালফেটের ওজন}}=\frac{x+35·5}{x+48}=\frac{1·0}{1·225}$$; অর্থাৎ x = 20·06.

অতএব ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার = 26·06.

১৭। 12·16 তুল্যাঙ্কভারের কি পরিমাণ ধাতু 0·2381 গ্রাম ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে ? (ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার = 35·46)।

উত্তর : যৌগ গঠনে মৌলগুলি উহাদের তুল্যাঙ্কভারের অনুপাতে যুক্ত হয় বলিয়া 12·16 গ্রাম ধাতু হইতে (12·16+35·46) = 47·62 গ্রাম ক্লোরাইড পাওয়া যায়। সুতরাং 0·2381 গ্রাম ক্লোরাইড যৌগ প্রস্তুতিতে $\frac{12·16}{47·62} \times 0·2381$ = 0·0608 গ্রাম ধাতুর প্রয়োজন হয়।

১৮। 0·109 গ্রাম একটি ধাতু লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 27·84 সি. সি. শুষ্ক অক্সিজেনের সহিত বিস্ফোরণ ঘটাইলে একই উষ্ণতা ও চাপে 27·84 সি. সি. হাইড্রোজেন অবশিষ্ট রহিল। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার গণনা কর।

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় অক্সিজেনের আয়তন V সি. সি. হইলে,

$$\frac{760 \times V}{273}=\frac{750 \times 27·84}{273+27}$$; অর্থাৎ $V=\frac{750 \times 27·84 \times 273}{300 \times 760}$ = 25 সি. সি.।

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ সমীকরণ অনুযায়ী প্রমাণ অবস্থায় 25 সি. সি. অক্সিজেনের বিস্ফোরণের জন্য $2 \times 25 = 50$ সি. সি. হাইড্রোজেন প্রয়োজন। যেহেতু প্রমাণ অবস্থায় অবশিষ্ট হাইড্রোজেনের আয়তন 25 সি. সি.; অতএব অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় 0·109 গ্রাম ধাতুর দ্বারা নির্গত হাইড্রোজেনের প্রমাণ অবস্থায় মোট আয়তন $=50+25=75$ সি. সি. এবং ইহার ওজন $=75 \times 0{\cdot}000089$ গ্রাম।

স্থতরাং ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{0{\cdot}109 \times 1{\cdot}008}{75 \times 0{\cdot}000089} = 16{\cdot}45,$

১৯। একটি পরীক্ষায় 1·986 গ্রাম কপার নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করিলে 2·490 গ্রাম কপার অক্সাইড উৎপন্ন হইল। 0·346 গ্রাম জিঙ্কে কপার সালফেট দ্রবণ হইতে 0·335 গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত করিল। জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার কত?

উত্তর: কপার অক্সাইডের ওজন $=2{\cdot}490$ গ্রাম; কপারের ওজন $=1{\cdot}986$ গ্রাম। অতএব সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=(2{\cdot}490-1{\cdot}986)=0{\cdot}504$ গ্রাম।

স্থতরাং কপারের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{1{\cdot}986 \times 8}{0{\cdot}504} = 31{\cdot}52.$

আবার ধাতুর প্রতিস্থাপন উহাদের তুল্যাঙ্কভারের অনুপাতে হয় বলিয়া জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{\text{জিঙ্কের ওজন}}{\text{কপারের ওজন}} \times$ কপারের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{0{\cdot}346}{0{\cdot}336} \times 31{\cdot}52 = 32{\cdot}56.$

২০। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার 9 হইলে 1·45 গ্রাম ধাতু লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কত আয়তন হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিবে গণনা কর।

উত্তর: যেহেতু গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ যে-কোন ধাতু অ্যাসিড হইতে 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, অতএব 9 তুল্যাঙ্কভারের 1·45 গ্রাম ধাতু দ্বারা নির্গত হাইড্রোজেনের ওজন $= \dfrac{1{\cdot}008 \times 1{\cdot}45}{9} = 0{\cdot}1624$ গ্রাম।

আবার 2 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার আয়তন অধিকার করে। স্থতরাং প্রমাণ অবস্থায় 0·1624 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন $= \dfrac{22{\cdot}4 \times 0{\cdot}1624}{2}$ $=1{\cdot}819$ লিটার।

(খ) পারমাণবিক ওজন সম্পর্কিত—

২১। একটি মৌলের আপেক্ষিক তাপ 0·048 হইলে মৌলটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন কত?

উত্তর: ডুলং ও পেটিটের সূত্রানুযায়ী, পারমাণবিক ওজন × আপেক্ষিক তাপ $=6{\cdot}4$ (আনুমানিক)।

∴ মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $= \dfrac{6{\cdot}4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}} = \dfrac{6{\cdot}4}{0{\cdot}048} = 13{\cdot}3.$

২২। 0·5395 গ্রাম ধাতুকে ক্লোরাইডে পরিণত করিলে 0·7175 গ্রাম ধাতব

ক্লোরাইড পাওয়া যায়। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·059 হইলে ইহার সঠিক পারমাণবিক ওজন গণনা কর।

উত্তর : ধাতব ক্লোরাইডের ওজন $=0\cdot7175$ গ্রাম ; ধাতুর ওজন $=0\cdot5395$ গ্রাম। অতএব যুক্ত ক্লোরিনের ওজন $=(0\cdot7175-0\cdot5395)=0\cdot1780$ গ্রাম।

সুতরাং ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $=\dfrac{0\cdot5395\times35\cdot5}{0\cdot1780}=107\cdot58.$

ডুলং ও পেটিটের সূত্রানুযায়ী, ধাতুর আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $=\dfrac{6\cdot4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}=\dfrac{6\cdot4}{0\cdot059}=108\cdot47.$

$\therefore$ ধাতুর যোজ্যতা $=\dfrac{\text{আঃ পাঃ ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}}=\dfrac{108\cdot47}{107\cdot58}=1\cdot008$; অর্থাৎ 1 (আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা)।

সুতরাং ধাতুর সঠিক পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা
$=107\cdot58\times1=107\cdot58.$

২৩। 0·1 গ্রাম ধাতু HCl দ্রবণ হইতে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 124·4 সি. সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·214 ; ইহার পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। উহার অক্সাইড ও ক্লোরাইডের সংকেত লিখ।

উত্তর : উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন $=124\cdot4\times0\cdot000089=0\cdot01108$ গ্রাম।

অতএব ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $=\dfrac{0\cdot1}{0\cdot01108}=9\cdot033.$

ডুলং ও পেটিটের সূত্রানুসারে, ধাতুর আঃ পারমাণবিক ওজন $=\dfrac{6\cdot4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}$

$=\dfrac{6\cdot4}{0\cdot214}=29\cdot90$; অতএব যোজ্যতা $=\dfrac{\text{আঃ পাঃ ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}}=\dfrac{29\cdot90}{9\cdot033}=3\cdot311$; অর্থাৎ 3 (আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা)।

সুতরাং ধাতুর সঠিক পারমাণবিক ওজন $=9\cdot033\times3=27\cdot099$ এবং উহার অক্সাইড ও ক্লোরাইডের সংকেত যথাক্রমে M_2O_3 ও MCl_3, যেখানে M = ধাতুর একটি পরমাণু।

২৪। একটি ধাতুর ক্লোরাইড যৌগে 65·82% ক্লোরিন আছে। উহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 85 ; ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

উত্তর : ক্লোরাইড যৌগে 65·82 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত $(100-65\cdot82)$ $=34\cdot18$ গ্রাম ধাতু যুক্ত আছে। অতএব ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $=\dfrac{34\cdot18\times35\cdot5}{65\cdot82}=18\cdot44.$

মনে করিলাম, ধাতুর যোজ্যতা = x ; অতএব ধাতুর পারমাণবিক ওজন, M = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা $=18\cdot44x$ এবং উহার ক্লোরাইডের সংকেত MCl_x. সুতরাং ক্লোরাইডের আণবিক ওজন $=18\cdot44x+35\cdot5x.$

কিন্তু ক্লোরাইডের আণবিক ওজন $=2\times$ আপেক্ষিক ঘনত্ব $=2\times 85=170$; অতএব $18.44x+35.5x=170$; অথবা $x=3.152$; অর্থাৎ 3 (আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা)।

সুতরাং ধাতুর সঠিক পারমাণবিক ওজন $=18.44\times 3=55.32$.

২৫। একটি ধাতুর ক্লোরাইডে 37.3% ক্লোরিন আছে। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0.0276 এবং ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব 190 হইলে ধাতুর সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব এবং ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত বাহির কর।

উত্তর : ক্লোরাইডে 37.3 ভাগ ক্লোরিন $(100-37.3)=62.7$ ভাগ ধাতুর সহিত যুক্ত আছে। অতএব ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $=\dfrac{62.7\times 35.5}{37.3}=59.68$.

ডুলং ও পেটিটের সূত্র অনুসারে, ধাতুর আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব

$$=\frac{6.4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}=\frac{6.4}{0.0276}=231.9.$$

$\therefore$ ধাতুটির যোজ্যতা $=\dfrac{231.9}{59.68}=3.891$; অর্থাৎ $=4$ (আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা)।

সুতরাং ধাতুর সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব $=59.68\times 4=238.72$.

এখন ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব M ধরিলে, ধাতব ক্লোরাইডের স্থূল সংকেত $=MCl_4$; অতএব উহার আণবিক সংকেত $=(MCl_4)x$, $x=$ সরল ও পূর্ণ-সংখ্যা।

যেহেতু ধাতব ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব $=190$, অতএব উহার আণবিক গুরুত্ব $=2\times$ বাষ্প-ঘনত্ব $=2\times 190=380$.

$\therefore\ (MCl_4)x=380$; অথবা $(238.72+35.5\times 4)x=380$.

অথবা $x=0.9982$, অর্থাৎ $x=1$ (আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা)

সুতরাং ধাতব ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত $=MCl_4$.

২৬। একটি ধাতুর অক্সাইডে 30% অক্সিজেন আছে। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ইহার ক্লোরাইডের 100 সি. সি. বাষ্পের ওজন 0.72 গ্রাম। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0.114 হইলে উহার তুল্যাঙ্কভার, পারমাণবিক গুরুত্ব এবং ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর : ধাতব অক্সাইডে 30 ভাগ অক্সিজেন $(100-30)=70$ ভাগ ধাতুর সহিত যুক্ত আছে। অতএব ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $=\dfrac{70\times 8}{30}=18.67$.

$\therefore$ ধাতুর আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $=\dfrac{6.4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}=\dfrac{6.4}{0.114}=56.14$.

সুতরাং ধাতুটির যোজ্যতা $=\dfrac{56.14}{18.67}=3.01$, অর্থাৎ 3 (আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা) এবং উহার সঠিক পারমাণবিক ওজন $=18.67\times 3=56.01$.

এখন ধাতুর পারমাণবিক ওজন M ধরিলে, ধাতব ক্লোরাইডের স্থূল সংকেত $=MCl_3$; অতএব উহার আণবিক সংকেত $=(MCl_3)x$, $x=$ সরল ও পূর্ণ-সংখ্যা।

আবার প্রমাণ অবস্থায় 100 সি. সি. ক্লোরাইড বাষ্পের ওজন 0·72 গ্রাম বলিয়া উহার 22·4 লিটায় বাষ্পের ওজন $=0·72\times224=161·28$ গ্রাম ; অর্থাৎ ক্লোরাইডের আণবিক ওজন$=161·28$.

$\therefore\ (MCl_3)x=161·28$; অথবা $(56·01+35·5\times3)x=161·28$

অথবা $162·51x=161·28$, অথবা $x=0·9924$, অর্থাৎ $x=1$ (আসন্ন পূর্ণ সংখ্যা)।

সুতরাং ধাতব ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত$=MCl_3$.

২৯। 0·49 গ্রাম ধাতু লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ফলে 22°C উষ্ণতায় ও 752 মি. মি. চাপে 295·0 সি. সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·152 হইলে উহার তুল্যাঙ্কভার ও পারমাণবিক ওজন গণনা কর।

উত্তর : প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন V সি. সি. হইলে,

$$\frac{760\times V}{273}=\frac{752\times295}{273+22}\ ;\ \therefore\ V=\frac{752\times295\times273}{295\times760}=270·2 \text{ সি. সি.।}$$

$\therefore$ উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন$=(270·2\times0·000089)=0·02405$ গ্রাম।

$$\text{সুতরাং ধাতুর তুল্যাঙ্কভার}=\frac{0·49\times1·008}{0·02405}=20·53.$$

$$\text{আবার ধাতুর আনুমানিক পারমাণবিক ওজন}=\frac{6·4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}=\frac{6·4}{0·152}=42·11.$$

$$\therefore\ \text{ধাতুর যোজ্যতা}=\frac{\text{আঃ পাঃ ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}}=\frac{42·11}{20·53}=2·051,$$ অর্থাৎ 2 (আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা)।

সুতরাং ধাতুর সঠিক পারমাণবিক ওজন$=20·53\times2=41·06$.

২৮। একটি ধাতুর সালফেট লবণে 20·9% ধাতু আছে। ইহা $ZnSO_4.7H_2O$-এর সহিত সমাকৃতি হইলে ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

উত্তর : যেহেতু উভয় ধাতব সালফেট সমাকৃতি, অতএব ধাতব সালফেটের সংকেত $MSO_4,7H_2O$; এখানে M ধাতুটির একটি পরমাণু বুঝায়। ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব x ধরিলে উক্ত সালফেটের আণবিক গুরুত্ব $=x+32+16\times4+18\times7=222+x$. অতএব উক্ত সালফেট ধাতুর শতকরা পরিমাণ$=\frac{x\times100}{222+x}$.

$$\therefore\ \frac{x\times100}{222+x}=20·9\ ;\ \text{অর্থাৎ } x=58·65.$$

সুতরাং ধাতুর পারমাণবিক ওজন$=58·65$.

২৯। পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সমাকৃতি একটি মৌলের ক্লোরাইড যৌগে 29·34% ক্লোরিন আছে। মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব গণনা কর।

উত্তর : ধরিলাম, A মৌলের ক্লোরাইড যৌগ KCl-এর সমাকৃতি। সুতরাং উহার আণবিক সংকেত ACl এবং A মৌলের যোজ্যতা 1। ACl যৌগে ক্লোরিনের

শতকরা পরিমাণ = 29·34 ; অতএব মৌলটির শতকরা পরিমাণ = (100 − 29·34) = 70·66.

স্থতরাং A মৌলের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{70{\cdot}66 \times 35{\cdot}5}{29{\cdot}34} = 85{\cdot}49.$

∴ মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা = 85·49 × 1 = 85·49.

৩০। সমাকৃতি $KClO_4$ এবং $KMnO_4$ যৌগের প্রথমটিতে 28·2% পটাসিয়াম ও 25·6% ক্লোরিন এবং অপরটিতে 24·7% পটাসিয়াম ও 34·8% ম্যাঙ্গানিজ থাকিলে, ম্যাঙ্গানিজের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

উত্তর : প্রথম যৌগে 25·6 ভাগ ক্লোরিন (100 − 25·6) = 74·4 ভাগ পটাসিয়াম ও অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে এবং দ্বিতীয় যৌগে 34·8 ভাগ ম্যাঙ্গানিজ (100 − 34·8) = 65·2 ভাগ পটাসিয়াম ও অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে। অতএব 1 ভাগ পটাসিয়াম ও অক্সিজেন, প্রথম যৌগে $\dfrac{25{\cdot}6}{74{\cdot}4} = 0{\cdot}3442$ ভাগ ক্লোরিনের সহিত এবং দ্বিতীয় যৌগে $\dfrac{34{\cdot}8}{65{\cdot}2} = 0{\cdot}5338$ ভাগ ম্যাঙ্গানিজের সহিত সংযুক্ত আছে ; অর্থাৎ ক্লোরিন ও ম্যাঙ্গানিজের প্রতিস্থাপিত ওজনের পরিমাণ যথাক্রমে 0·3442 ও 0·5338. অতএব মিতসারলিসের স্থত্র প্রয়োগে পাই,

$$\frac{\text{Mn-এর পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{Cl-এর পারমাণবিক গুরুত্ব}} = \frac{\text{প্রতিস্থাপিত Mn-এর ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত Cl-এর ওজন}} ;$$

অর্থাৎ, Mn-এর পারমাণবিক গুরুত্ব $= \dfrac{0{\cdot}5338}{0{\cdot}3442} \times 35{\cdot}5 = 55{\cdot}08.$

৩১। Cu_2S এবং Ag_2S দুইটি সমাকৃতি যৌগে সালফারের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 20·14 ও 12·94 ; কপারের পারমাণবিক ওজন 63·57 হইলে সিলভারের পারমাণবিক ওজন কত ?

উত্তর : Cu_2S যৌগে 20·14 গ্রাম সালফারের সহিত (100 − 20·14) = 79·86 গ্রাম কপার যুক্ত আছে। যেহেতু Ag_2S যৌগে 12·94 গ্রাম ওজনের সালফার (100 − 12·94) = 87·06 গ্রাম সিলভারের সহিত সংযুক্ত থাকে, অতএব 20·14 গ্রাম সালফারের সঙ্গে যুক্ত সিলভারের পরিমাণ $= \dfrac{87{\cdot}06 \times 20{\cdot}14}{12{\cdot}94} = 135{\cdot}5$ গ্রাম। অতএব কপার ও সিলভারের প্রতিস্থাপিত ওজনের পরিমাণ যথাক্রমে 79·86 গ্রাম ও 135·5 গ্রাম। স্থতরাং মিত্‌সারলিসের স্থত্রানুযায়ী,

$$\frac{\text{Ag-এর পারমাণবিক ওজন}}{\text{Cu-এর পারমাণবিক ওজন}} = \frac{\text{প্রতিস্থাপিত Ag-এর ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত Cu-এর ওজন}} ;$$

অর্থাৎ Ag-এর পারমাণবিক ওজন $= \dfrac{135{\cdot}5}{79{\cdot}86} \times 63{\cdot}57 = 107{\cdot}9.$

৩২। ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)-এর সহিত কোন ধাতুর

সালফেট সমাকৃতি। ইহার 0·3167 গ্রাম সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে 1·045 গ্রাম সিলভার অধঃক্ষিপ্ত করে। ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। (সিলভারের পারমাণবিক গুরুত্ব 107·88 ও যোজ্যতা 1)

উত্তর : যেহেতু ধাতব সালফেট যৌগটি $MgSO_4.7H_2O$-এর সহিত সমাকৃতি, অতএব উহার সংকেত $XSO_4.7H_2O$; X=ধাতুটির একটি পরমাণু। তদুপরি Mg দ্বিযোজী মৌল বলিয়া ধাতুটির যোজ্যতা দুই হইবে।

আবার, 0·3167 গ্রাম ধাতু 1·045 গ্রাম সিলভার প্রতিস্থাপিত করে ; সেইহেতু

$$\frac{\text{ধাতুর তুল্যাঙ্কভার}}{\text{সিলভারের তুল্যাঙ্কভার}} = \frac{\text{প্রতিস্থাপিত ধাতুর ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত সিলভারের ওজন}} ;$$

অর্থাৎ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{0·3167}{1·045} \times 107·88 = 32·70$ (কারণ সিলভার যোজ্যতা 1 বলিয়া উহার তুল্যাঙ্কভারের মান পারমাণবিক গুরুত্বের সমান)।

সুতরাং ধাতুর পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা $= 32·70 \times 2 = 65·40$.

অনুশীলনী—৪

১। 0·8567 গ্রাম কপার অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে 0·6842 গ্রাম কপার উৎপন্ন হয়। কপারের তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 31·73]

২। কোন মৌলের ক্লোরাইডে 38·11% ক্লোরিন আছে। মৌলটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উঃ 57·65]

৩। 0·197 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে 17°C উষ্ণতায় ও 751·5 মি. মি. চাপে জলের উপর 200 সি. সি. হাইড্রোজেন সংগৃহীত হয়। ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার কত? (17°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=14·4 মি. মি.)। [উঃ 12·16]

৪। আয়রণের দুইটি ক্লোরাইড যৌগের একটিতে 34·4% ও অপরটিতে 44·0% আয়রণ থাকে। আয়রণের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উঃ 18·62 ; 27·89]

৫। হাইড্রোজেন সালফাইডে 94·1% সালফার, কপার ক্লোরাইডে 43·31% কপার এবং কপার অক্সাইডে 79·82% কপার থাকে। সালফার, কপার ও অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার বাহির কর। [উঃ 16 ; 31·7 ; 8]

৬। 2·130 গ্রাম KCl জলে দ্রবীভূত করিয়া অতিরিক্ত $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে 4·096 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 39·1]

৭। 1·5 গ্রাম NaCl-এর জলীয় দ্রবণ হইতে 3·675 গ্রাম শুষ্ক সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়। সোডিয়ামের তুল্যাঙ্কভার গণনা কর। [উঃ 23·01]

৮। ম্যাগনেসিয়াম ও ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 12·16 ও 35·46 হইলে অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডে ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ কত? [উঃ 74·46]

৯। কপার সালফেট দ্রবণে 0·3834 গ্রাম আয়রণ যোগ করিলে 0·4365 গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত হয়। কপারের তুল্যাঙ্কভার 31·78 হইলে আয়রণের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উঃ 27·92]

১০। একটি মৌলের 0·1827 গ্রাম ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণরূপে অক্সাইডে পরিবর্তিত করিলে 0·1057 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়। মৌলের তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 29·74]

১১। একটি ধাতুর ক্লোরাইডে 47·22% ধাতু আছে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·094 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 63·52]

১২। 0·1 গ্রাম ধাতু লঘু H_2SO_4 হইতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 124·2 সি. সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·238 ; ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত ? [উঃ 297·27]

১৩। একটি মৌলের অক্সাইডে 28·6% অক্সিজেন আছে। ঐ মৌলের ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব 55·5 ; মৌলের পারমাণবিক ওজন কত ? [উঃ 3·94]

১৪। একটি ধাতুর তিনটি ক্লোরাইড যৌগে যথাক্রমে 23·6%, 38·2% এবং 48·3% ক্লোরিন আছে। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·055 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির কর। [উঃ 144·44]

১৫। 0·177 গ্রাম ধাতু লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে 12°C উষ্ণতায় ও 766 মি. মি. চাপে 177 সি. সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·25 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক ওজন কত ? [উঃ 23·24]

১৬। একটি ধাতু (M) তিনটি উদ্বায়ী ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে ; উহাদের মধ্যে ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 23·6, 38·2 এবং 48·3 ; উপরোক্ত তিনটি ক্লোরাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব যথাক্রমে 76·4, 92·9 ও 110·6 হইলে ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন এবং ক্লোরাইডগুলির সংকেত বাহির কর। [উঃ 144·44 ; MCl, MCl_2, MCl_3]

১৭। একটি ধাতব ক্লোরাইডে 20·2% ধাতু আছে। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·224 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত ? যদি ধাতব ক্লোরাইডের বাষ্প ঘনত্ব 4·632 (বায়ু=1) হয়, তবে উহার আণবিক সংকেত কি হইবে ? [উঃ 26·958 ; MCl_3]

[**সংকেত**—এখানে বায়ু-সাপেক্ষে ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব দেওয়া আছে। কিন্তু হাইড্রোজেন সাপেক্ষে বায়ুর ঘনত্ব 14·4 ; অতএব ক্লোরাইড প্রকৃত বাষ্প ঘনত্ব 4·632 × 14·4 ধরিতে হইবে।]

১৮। দ্বি-যোজী ধাতুর 0·1755 গ্রাম এবং ত্রি-যোজী ধাতুর 0·1316 গ্রাম পৃথকভাবে লঘু H_2SO_4-এ রাখিলে প্রত্যেক ক্ষেত্রে 27°C উষ্ণতায় ও 720 মি. মি. চাপে একই আয়তন তথা 190 সি. সি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতু দুইটির তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক ওজন গণনা কর। [উঃ দ্বি-যোজী ধাতু 12, 24 ; ত্রিযোজী ধাতু 9 27]

১৯। পটাসিয়াম পারক্লোরেট ($KClO_4$)-এর সহিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট সমাকৃতি। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটে শতকরা 34·81 ভাগ ম্যাঙ্গানিজ আছে। ম্যাঙ্গানিজের পারমাণবিক গুরুত্ব কত ? (K=39·1) [উঃ 55·04]

২০। জিঙ্ক সালফেট ($ZnSO_4.7H_2O$) এবং ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ($MgSO_4.7H_2O$) দুইটি সমাকৃতি কেলাস। প্রথম যৌগে 22·7% Zn ও 11·48% S এবং দ্বিতীয় যৌগে 9·76% Mg ও 13·01% S বর্তমান। জিঙ্কের পারমাণবিক গুরুত্ব 65·5 হইলে ম্যাগনেসিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির কর। [উঃ 24·186]

ষষ্ঠ অধ্যায় | অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণ ; অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি

প্রশ্ন : ৫৭। (ক) **অ্যাসিড ও ক্ষারক কাহাকে বলে ? উদাহরণসহ বুঝাইয়া দাও।** (খ) **অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা ও ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা বলিতে কি বুঝ ?** (গ) **ক্ষারক ও ক্ষারের মধ্যে কি পার্থক্য বিদ্যমান উল্লেখ কর ;** অথবা, **'সকল ক্ষারই ক্ষারক কিন্তু সকল ক্ষারক ক্ষার নয়'—ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : (ক) অ্যাসিড—যে যৌগে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন বিদ্যমান এবং যাহা ধাতু ও ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে তাহাকে অ্যাসিড বলে। অ্যাসিড মাত্রই জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হইয়া ক্যাটায়নরূপে হাইড্রোজেন আয়ন, H^+ গঠন করে। HCl, H_2SO_4 ইত্যাদি অ্যাসিড।

অ্যাসিড স্বভাবতঃই অম্লস্বাদযুক্ত। ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস লাল করে ; ইহা সর্বদা ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা লবণ ও জল উৎপন্ন করে এবং কতকগুলি ধাতুর সহিত লবণ ও হাইড্রোজেন গঠন করে। যেমন H_2SO_4 জলীয় দ্রবণে আয়নিত হইয়া H^+ উৎপন্ন করে ও এই দ্রবণ নীল লিটমাস লাল করে। ইহা ক্ষারক $NaOH$-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া Na_2SO_4 ও $NaHSO_4$ লবণ এবং জল গঠন করে কিন্তু Zn, Fe, Mg প্রভৃতি ধাতুর সহিত সালফেট লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে ; লবণ গঠনকালে ইহার আয়নিত হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা সম্পূর্ণ বা আংশিকরূপে প্রতিস্থাপিত হয়। সুতরাং H_2SO_4 একটি অ্যাসিড।

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{=} \; ; \; Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$
$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$$
$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$$

ক্ষারক—ধাতুর বা ধাতুধর্মী মূলকের অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডকে ক্ষারক বলে এবং ইহা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে লবণ ও জল গঠন করে। অধিকন্তু ক্ষারক জলে দ্রাব্য হইলে আয়নিত হইয়া দ্রবণে হাইড্রক্সিল আয়ন, OH^- উৎপন্ন করে এবং এই দ্রবণ লাল লিটমাস নীল করে।

$NaOH$, $Ca(OH)_2$, ZnO ইত্যাদি ক্ষারক। কারণ $NaOH$ বা $Ca(OH)_2$ জলীয় দ্রবণে আয়নিত হইয়া OH^- আয়ন দেয় এবং ইহাদের জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাস নীল করে : $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$; $Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2OH^-$. আবার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত $NaOH$ ও ZnO বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরাইড লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O \; ; \; ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$

(খ) **অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা**—অ্যাসিডের ক্ষারক প্রশমিত করিবার ক্ষমতাকে

অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা বলে। কোন অ্যাসিডের অণুতে যে-কয়টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে অর্থাৎ উহা বিয়োজনের ফলে যে কয়টি হাইড্রোজেন আয়ন, H^+ উৎপন্ন করে সেই সংখ্যা দ্বারা অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা প্রকাশ করা হয়। যেমন HCl এক-ক্ষারীয়, H_2SO_4 দ্বি-ক্ষারীয় ও H_3PO_4 ত্রি-ক্ষারীয় অ্যাসিড ; কারণ উপরোক্ত অ্যাসিডগুলির অণুতে যথাক্রমে 1, 2, ও 3-টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে এবং উহারা আয়নিত হইয়া যথাক্রমে 1, 2 ও 3-টি H^+ আয়ন উৎপন্ন করে।

$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$; $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$; $H_3PO_4 \rightleftharpoons 3H^+ + PO_4^{---}$.

ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা—ক্ষারকের অ্যাসিড প্রশমিত করিবার ক্ষমতাকে ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা বলে। জলীয় দ্রবণে ক্ষারকের প্রতি অণু হইতে যে কয়টি হাইড্রক্সিল আয়ন, OH^- উৎপন্ন হয় অথবা ক্ষারকের এক অণু প্রশমিত করিতে অ্যাসিড হইতে যে কয়টি H^+ আয়ন গ্রহণ করে সেই সংখ্যা দ্বারা ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা প্রকাশ করা হয়। যেমন NaOH এক-আম্লিক, CaO দ্বি-আম্লিক ও $Fe(OH)_3$ ত্রি-আম্লিক ক্ষারক ; কারণ উহাদের এক অণু প্রশমনের জন্য যথাক্রমে 1, 2 ও 3-টি H^+ আয়নের প্রয়োজন হয় : $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$, $CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$, $Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O$.

(গ) ধাতুর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড, উভয়েই ক্ষারক। কিন্তু যে ক্ষারক জলে দ্রবণীয় তাহাই ক্ষার ; অর্থাৎ জলে দ্রবীভূত যাবতীয় ধাতুর হাইড্রক্সাইডকে ক্ষার বলে। জলে দ্রাব্য NaOH, KOH, NH_4OH প্রভৃতি ক্ষার ; অপরদিকে জলে অদ্রবণীয় CuO, ZnO, $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$ প্রভৃতি শুধুমাত্র ক্ষারক, ইহারা ক্ষার নয়। অতএব সমস্ত দ্রাব্য ও অদ্রাব্য ধাতব অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইডগুলি ক্ষারক, ইহাদের মধ্যে কেবলমাত্র দ্রবণীয় হাইড্রক্সাইডগুলিই ক্ষার ; অর্থাৎ ক্ষার মাত্রই ক্ষারক, কিন্তু সমস্ত ক্ষারক ক্ষার হয় না।

ক্ষারীয় দ্রবণ সচরাচর পিচ্ছিল হয় এবং ইহা লাল লিটমাসের বর্ণ নীল করে। ক্ষার তড়িৎ পরিবহনে সক্ষম এবং সর্বদাই বিয়োজিত হইয়া হাইড্রক্সিল আয়ন, OH^- উৎপন্ন করে : $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$. ক্ষার ক্ষয়কারী পদার্থ। অনেক সময় ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে ক্ষার যোগ করিলে ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় : $FeCl_3 + 3NaOH = Fe(OH)_3 + 3NaCl$. তবে ক্ষার তথা ক্ষারক মাত্রই অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন করে।

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O \; ; \; ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$

প্রশ্ন : ৫৮। (ক) অ্যাসিড কাহাকে বলে ? ইহার বৈশিষ্ট্যগুলি লিখ। (খ) অ্যাসিডের শ্রেণীবিভাগ উদাহরণসহ উল্লেখ কর। (গ) খনিজ অ্যাসিড ও জৈব অ্যাসিডের মধ্যে পার্থক্য কি ? (ঘ) তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু অ্যাসিড বলিতে কি বুঝায় ?

উত্তর : (ক) ৫৭ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) অ্যাসিড দুই প্রকারের ; যথা হাইড্রাসিড ও অক্সি-অ্যাসিড। হাইড্রাসিডে হাইড্রোজেনের সহিত অক্সিজেন না থাকিয়া অন্য অধাতু বা মূলক থাকে ; ইহাদের নামের পূর্বে 'হাইড্রো' ও শেষে 'ইক্' যুক্ত হয় ; যেমন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড HCl, হাইড্রো-সায়ানিক অ্যাসিড HCN প্রভৃতি। অক্সি-অ্যাসিডে হাইড্রোজেন ও অন্য অধাতুর সহিত অক্সিজেনও যুক্ত থাকে ; অধাতুর নামানুসারে ইহাদের নামকরণ হয় এবং অক্সিজেনের অনুপাত কম বা বেশী থাকিলে নামের শেষে 'আস' বা 'ইক্' যুক্ত হয়। যেমন নাইট্রাস অ্যাসিড, HNO_2 ও নাইট্রিক অ্যাসিড, HNO_3. অধিকন্তু 'আস্'-অ্যাসিডের কম কিংবা 'ইক্'-অ্যাসিডের বেশী অক্সিজেন থাকিলে নামের পূর্বে যথাক্রমে অতিরিক্ত 'হাইপো' এবং 'পার' যুক্ত করা হয় ; যেমন ক্লোরাস অ্যাসিড $HClO_2$, ক্লোরিক অ্যাসিড $HClO_3$, হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড HClO ও পারক্লোরিক অ্যাসিড $HClO_4$. H_2SO_4, H_3PO_4 প্রভৃতি অন্যান্য অক্সি-অ্যাসিড।

(গ) HCl, H_2SO_4, HNO_3, H_3PO_4 প্রভৃতি অ্যাসিডগুলি খনিজ পদার্থ হইতে উৎপন্ন হয় বলিয়া ইহাদিগকে খনিজ অ্যাসিড বলে। যেমন খনি হইতে প্রাপ্ত খাদ্যলবণ NaCl, সল্টপিটার $NaNO_3$ ও ফসফরাইট $Ca_3(PO_4)_2$-এর সহিত গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় যথাক্রমে HCl, HNO_3 ও H_3PO_4 উৎপন্ন হয়। আবার খনিজ সালফার বায়ুতে পোড়াইয়া প্রথমে SO_2 ও পরে ইহাকে জারিত করিয়া জলের সহিত সংযোগে H_2SO পাওয়া যায় : $2NaCl+H_2SO_4=2Na_2SO_4+2HCl$; $S+O_2=SO_2$, $2SO_2+O_2=2SO_3$, $SO_3+H_2O=H_2SO_4$.

ফরমিক অ্যাসিড HCOOH, আসেটিক অ্যাসিড CH_3COOH, অক্সালিক অ্যাসিড (HOOC. COOH) প্রভৃতি অ্যাসিডগুলির আদি উৎস জৈব পদার্থ বলিয়া ইহাদিগকে জৈব অ্যাসিড বলে। যেমন পিঁপড়ে, বোল্‌তা ও মৌমাছির হুলে ফরমিক অ্যাসিড, উদ্ভিজ্জ তৈলে অ্যাসেটিক অ্যাসিড এবং হরিতকী ও বীটের পাতায় অক্সালিক অ্যাসিড থাকে।

(ঘ) অ্যাসিড মাত্রই জলীয় দ্রবণে আয়নিত হইয়া H^+ আয়ন উৎপন্ন করে ; এই আয়নিত H^+-এর পরিমাণ দ্বারা সাধারণভাবে অ্যাসিডের শক্তি নির্ধারিত হয়।

অতএব আয়নীভবনের পার্থক্যের জন্য অ্যাসিডগুলিকে তীব্র এবং মৃদু এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। HCl, H_2SO_4 ও HNO_3 তীব্র অ্যাসিড, কারণ জলীয় দ্রবণে ইহাদের অধিকাংশ অণুই বিয়োজিত হয় ; ফলে দ্রবণে H^+-এর পরিমাণ বেশী থাকে। অপরদিকে H_2CO_3, CH_3COOH প্রভৃতি মৃদু অ্যাসিডগুলির খুব কম সংখ্যক অণুই জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয় বলিয়া দ্রবণে H^+-এর পরিমাণ খুব সামান্য থাকে।

প্রশ্ন : ৫৯। (ক) লবণ কাহাকে বলে? লবণ কয় প্রকার ও কি কি? উদাহরণ সহযোগে বিবৃত কর। অথবা, **কিভাবে লবণের শ্রেণীবিভাগ হয়, যুক্তি ও উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। (খ) $NaHCO_3$ ও $FeCl_3$-এর বিক্রিয়া কি লবণের শ্রেণীবিভাগ সমর্থন করে? ব্যাখ্যাসহ উত্তর দাও।**

উত্তর : (ক) অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতু বা অনুরূপ মূলক দ্বারা আংশিক বা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হইয়া যে যৌগ উৎপন্ন করে তাহাকে লবণ বলে ; আবার অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়াতে জলের সঙ্গে যে যৌগ গঠিত হয় উহাও লবণ : $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$; $HCl + NaOH = NaCl + H_2O$. অতএব $ZnSO_4$ ও NaCl প্রভৃতি লবণ। সেইরূপে $NaHSO_4$ একটি লবণ ; এক্ষেত্রে H_2SO_4-এর একটি হাইড্রোজেন পরমাণু Na দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়াছে। লবণের দুইটি অংশ আছে ; ধাতব বা অনুরূপ অংশকে ক্ষারকীয় মূলক এবং অধাতব অংশকে আম্লিক মূলক বলে। অতএব $ZnSO_4$ ও NaCl লবণে যথাক্রমে Zn ও Na ক্ষারকীয় মূলক এবং SO_4 ও Cl আম্লিক মূলক। সাধারণতঃ ক্ষারকীয় ও আম্লিক মূলক দুইটির নামের সংযুক্তিতে লবণের নামকরণ হয়।

সাধারণতঃ লবণ কঠিন পদার্থ এবং কতকগুলি কেলাসরূপে থাকে। গলিত বা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় ইহা উত্তম তড়িৎ-পরিবাহী। জলীয় দ্রবণে লবণ সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয় : $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$.

লবণ তিন প্রকার ; যথা শমিত বা প্রশম, অ্যাসিড বা বাই এবং ক্ষারকীয় লবণ।

(i) **শমিত বা প্রশম লবণ**—অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনযোগ্য সমস্ত হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা অনুরূপ মূলক দ্বারা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে শমিত বা প্রশম লবণ বলে। NaCl, Na_2SO_4 প্রভৃতি শমিত লবণ ; ইহারা যথাক্রমে HCl ও H_2SO_4 হইতে সমস্ত H পরমাণু প্রতিস্থাপনের ফলে উৎপন্ন হয়। শমিত লবণে কোন অ্যাসিড ধর্ম প্রকাশ পায় না।

(ii) **অ্যাসিড বা বাই লবণ**—অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণু আংশিকভাবে ধাতু বা অনুরূপ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে অ্যাসিড বা বাই লবণ বলে। এইরূপ লবণের অণুতে এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান থাকে ; ফলে ইহাদের জলীয় দ্রবণে H^+ আয়ন থাকে। সেইজন্য ইহাদের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী, ইহারা নীল লিটমাস লাল করে এবং অতিরিক্ত ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় শমিত লবণ গঠন করে ; $NaHSO_4$, Na_2HPO_4, NaH_2PO_4 প্রভৃতি অ্যাসিড বা বাই লবণ। সাধারণতঃ বহু ক্ষারকীয় অ্যাসিড হইতে অ্যাসিড লবণ পাওয়া যায়।

$NaHSO_4 \rightleftharpoons Na^+ + H^+ + SO_4^=$; $NaHSO_4 + NaOH = Na_2SO_4 + H_2O$

(iii) **ক্ষারকীয় লবণ**—বহু-আম্লিক ক্ষারকের সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় আংশিক প্রশমনের ফলে গঠিত লবণে অক্সিজেন বা হাইড্রক্সিল মূলক, OH অবশিষ্ট থাকিলে ইহাকে ক্ষারকীয় লবণ বলে। আবার অ্যাসিডের সহিত অতিরিক্ত ক্ষারকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণকেও ক্ষারকীয় লবণ বলা হয় : $Pb(OH)_2 + HCl = Pb(OH)Cl + HCl$. বিসমাথ অক্সি-ক্লোরাইড BiOCl, সীস-শ্বেত $2PbCO_3.Pb(OH_2)$ প্রভৃতি অন্যান্য ক্ষারকীয় লবণ। এইরূপ লবণকে ক্ষারক ও শমিত লবণের মিশ্রণ হিসাবে ধরা যায় ; $2Pb(OH)Cl \rightleftharpoons Pb(OH)_2.PbCl_2$.

(খ) লবণের শ্রেণীবিভাগ অনুসারে $NaHCO_3$ অ্যাসিড লবণ এবং $FeCl_3$ শমিত লবণ। কারণ কার্বনিক অ্যাসিড, H_2CO_3-এর দুইটি H পরমাণুর একটি Na দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে $NaHCO_3$ গঠিত হয়; ফলে ইহাতে অ্যাসিড ধর্ম বর্তমান থাকে। অপরদিকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, HCl-এর H পরমাণু সম্পূর্ণরূপে Fe দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া $FeCl_3$ উৎপন্ন করে; সেইজন্য ইহাতে কোন অ্যাসিড ধর্ম অবশিষ্ট থাকে না বলিয়া ইহা প্রশম। কিন্তু $NaHCO_3$ ও $FeCl_3$-এর বিক্রিয়া কার্যত লবণের উপরোক্ত শ্রেণীবিভাগ সমর্থন করে না; উহাদের জলীয় দ্রবণে যথাক্রমে ক্ষারীয় ও অ্যাসিড ধর্ম প্রকাশ পায়। ইহার কারণ লবণ মাত্রেরই ক্ষারকীয় ও আম্লিক দুইটি অংশ থাকে এবং লবণের প্রকৃতি উহার গঠনে ব্যবহৃত ক্ষারক বা অ্যাসিডের শক্তির উপর নির্ভর করে। ক্ষারক ও অ্যাসিডের একটি মৃদু হইলে উহাদের বিক্রিয়াজাত লবণ জলের সহিত উভমুখী বিক্রিয়ায় অল্প পরিমাণে বিয়োজিত হয়; ফলে জলীয় দ্রবণে সামান্য মুক্ত অ্যাসিড বা ক্ষার উৎপন্ন করে অর্থাৎ দ্রবণে H^+ বা OH^- আয়ন বর্তমান থাকে বলিয়া অ্যাসিড বা ক্ষারীয় ধর্ম প্রকাশ পায়। সেইজন্য তীব্র ক্ষারক ও মৃদু অ্যাসিডের লবণ $NaHCO_3$-এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয় এবং মৃদু ক্ষারক ও তীব্র অ্যাসিডের লবণ $FeCl_3$-এর জলীয় দ্রবণ আম্লিক হয়।

$$NaHCO_3 + H_2O \rightleftharpoons NaOH + H_2CO_3$$
$$FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl$$

প্রশ্ন ঃ ৬০। লবণ প্রস্তুতির বিভিন্ন উপায়গুলি উদাহরণ সহযোগে সংক্ষেপে উল্লেখ কর।

উত্তর ঃ নিম্নলিখিত বিভিন্ন উপায়ে লবণ প্রস্তুত করা যায়। যথা—

(১) ক্লোরাইড, সালফাইড প্রভৃতি লবণ ধাতু ও অধাতুর প্রত্যক্ষ সংযোগে গঠিত হয়। $2Na + Cl_2 = 2NaCl$; $Fe + S = FeS$.

(২) ক্লোরাইড, সালফেট, নাইট্রেট প্রভৃতি লবণ ধাতুর সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। $Zn + 2HCl$ (লঘু) $= ZnCl_2 + H_2$; $Fe + H_2SO_4$ (লঘু) $= FeSO_4 + H_2$; $3Cu + 8HNO_3$(অর্ধ-লঘু) $= 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$.

(৩) ক্ষারক ও অ্যাসিডের প্রশমন ক্রিয়ায় লবণ গঠিত হয়। $ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$; $Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O$.

(৪) আম্লিক অক্সাইড ও ক্ষারকীয় অক্সাইড পরস্পর যুক্ত হইয়া লবণ উৎপন্ন করে। $MgO + CO_2 = MgCO_3$.

(৫) Zn, Al প্রভৃতি ধাতু ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ গঠন করে। $Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2$.

(৬) ক্ষারক ও ক্ষারের পারস্পরিক বিক্রিয়ায়ও লবণ গঠিত হয়। $Al_2O_3 + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2O$.

(৭) ধাতব লবণের দ্রবণে অধিক তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু যোগ করিলে লবণ উৎপন্ন হয়। $CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu$.

(৮) মৃদু বা অধিক উদ্বায়ী অ্যাসিডের লবণের সহিত তীব্র বা কম উদ্বায়ী অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় লবণ গঠিত হয়। $FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S$; $KNO_3+H_2SO_4=KHSO_4+HNO_3$.

(৯) বিপরিবর্ত বিক্রিয়ায় দুইটি লবণের দ্রবণ মিশাইলে অদ্রাব্য লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়। $AgNO_3+NaCl=AgCl$ (অদ্রাব্য) $+NaNO_3$; $Pb(NO_3)_2+Na_2SO_4=PbSO_4$ (অদ্রাব্য) $+2NaNO_3$.

(১০) লবণের বিজারণ ও জারণ প্রক্রিয়ায় নূতন লবণ উৎপন্ন হয় $BaSO_4+4C=BaS+4CO$; $PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$

প্রশ্ন : ৬১। কি কি উপায়ে অ্যাসিড, ক্ষারক ও ক্ষার প্রস্তুত করা যায় ? উদাহরণসহ উল্লেখ কর।

উত্তর : অ্যাসিড প্রস্তুতি—সাধারণতঃ (১) মৌলগুলির সাক্ষাৎ সংযোগে, (২) আম্লিক অক্সাইড কিংবা অধাতব ক্লোরাইডের সহিত জলের বিক্রিয়ায়, (৩) অল্প উদ্বায়ী অ্যাসিড ও লবণের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় এবং (৪) অধাতু ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া বিভিন্ন অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$H_2+Cl_2=2HCl \; ; \; SO_3+H_2O=H_2SO_4$$
$$PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl$$
$$KNO_3+H_2SO_4=KHSO_4+HNO_3 \; ; \; S+2HNO_3=H_2SO_4+2NO$$

ক্ষারক প্রস্তুতি—সাধারণতঃ (১) ধাতুকে বায়ুতে বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিয়া অথবা ধাতব হাইড্রক্সাইড, কার্বনেট বা নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিয়া অক্সাইড ক্ষারক এবং (২) দ্রবীভূত ধাতব লবণের সঙ্গে ক্ষারের বিক্রিয়া দ্বারা অদ্রাব্য হাইড্রক্সাইড ক্ষারক প্রস্তুত করা হয়।

$$2Cu+O_2=2CuO \; ; \; 2Al(OH)_3=Al_2O_3+2H_2O$$
$$ZnCO_3=ZnO+CO_2 \; ; \; AlCl_3+3NH_4OH=Al(OH)_3+3NH_4Cl$$

ক্ষার প্রস্তুতি—সাধারণতঃ (১) ধাতু বা ধাতব অক্সাইডের সহিত জলের বিক্রিয়ায় এবং (২) লবণ ও ক্ষারের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় ক্ষার প্রস্তুত করা হয়।

$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2 \; ; \; CaO+H_2O=Ca(OH)_2$$
$$Na_2CO_3+Ca(OH)_2=CaCO_3+2NaOH$$

প্রশ্ন : ৬২। অক্সাইড কাহাকে বলে ? ইহার শ্রেণীবিভাগ কিভাবে করা হয় ? যুক্তি ও উপযুক্ত উদাহরণসহ উল্লেখ কর। অথবা, অক্সাইড কয় প্রকার ও কি কি ? প্রত্যেক শ্রেণীর অক্সাইডের ধর্মের বৈশিষ্ট্যগুলি উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও।

উত্তর : অক্সাইড—ধাতব বা অধাতব মৌলের সহিত অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া যে দ্বি-মৌল যৌগ উৎপন্ন করে তাহাকে অক্সাইড বলে। অক্সাইডগুলির ভৌত অবস্থা কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় হইতে পারে। যেমন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড (MgO), ফেরিক

অক্সাইড (Fe_2O_3) প্রভৃতি কঠিন অক্সাইড ; জল (H_2O) তরল অক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), নাইট্রিক অক্সাইড (NO) প্রভৃতি গ্যাসীয় অক্সাইড।

সাধারণতঃ মৌল ও অক্সিজেনের সাক্ষাৎ সংযোগে ধাতব ও অধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হয়ঃ $2Mg+O_2=2MgO$; $C+O_2=CO_2$. আবার নিরুদকের সাহায্যে অক্সি-অ্যাসিড হইতে জল অপসারণ করিলে অধাতব অক্সাইড এবং অত্যধিক উত্তাপে ধাতব হাইড্রক্সাইড, কার্বনেট, নাইট্রেট প্রভৃতি লবণ বিয়োজনের ফলে ধাতব অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$H_2SO_4=SO_3+H_2O \;;\; 2Al(OH)_3=Al_2O_3+3H_2O$$
$$ZnCO_3=ZnO+CO_2 \;;\; 2Pb(NO_3)_2=2PbO+4NO_2+O_2$$

শ্রেণীবিভাগ—অক্সাইডগুলিকে উহাদের ধর্ম এবং অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রতি ব্যবহার অনুযায়ী নিম্নলিখিত বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়। যথা—

(১) **আম্লিক অক্সাইড**—যে সকল অক্সাইড ক্ষারজাতীয় পদার্থের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাহাদিগকে আম্লিক অক্সাইড বলে। ইহারা অধাতব অক্সাইড। CO_2, SO_2, P_2O_5 প্রভৃতি আম্লিক অক্সাইড। আম্লিক অক্সাইড সাধারণতঃ গ্যাসীয় বা কঠিন পদার্থ, জলে দ্রাব্য এবং জলের সহিত বিক্রিয়ায় অক্সি-অ্যাসিড গঠন করে ; সেইজন্য ইহাদিগকে অ্যাসিড নিরুদক (acid anhydride)ও বলা হয়। $CO_2+H_2O=H_2CO_3$; $2NaOH+CO_2=Na_2CO_3+H_2O$; $CaO+SO_2=CaSO_3$. আম্লিক অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। ইহারা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল এবং ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত শুধুমাত্র লবণ উৎপন্ন করে।

(২) **ক্ষারকীয় অক্সাইড**—যে সকল অক্সাইড অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাহাদিগকে ক্ষারকীয় অক্সাইড বলে। ইহারা ধাতব অক্সাইড এবং ক্ষারক নামে অভিহিত। MgO, Na_2O, CuO, CaO প্রভৃতি ক্ষারকীয় অক্সাইড।

ক্ষারকীয় অক্সাইড কঠিন পদার্থ এবং অধিকাংশই জলে অদ্রবণীয়। ইহারা বিভিন্ন বর্ণের হয়। ক্ষারকীয় অক্সাইডগুলি অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে ; কিন্তু আম্লিক অক্সাইডের সঙ্গে ইহারা শুধুমাত্র লবণ গঠন করে। $MgO+H_2SO_4=MgSO_4+H_2O$; $CaO+CO_2=CaCO_3$. Na, K, Ca প্রভৃতি ক্ষারকীয় ধাতুর অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া ক্ষার উৎপন্ন করে ; ইহাদের জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে : $Na_2O+H_2O=2NaOH$.

(৩) **উভধর্মী অক্সাইড**—কোন কোন ধাতব অক্সাইড যথা জিঙ্ক অক্সাইড ZnO, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড Al_2O_3, লেড মনোক্সাইড PbO, স্ট্যানাস অক্সাইড SnO প্রভৃতির মধ্যে আম্লিক ও ক্ষারকীয় উভয় অক্সাইডের ধর্মই প্রকাশ পায় ; ফলে ইহারা অ্যাসিড ও ক্ষারক উভয়ের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। ইহাদিগকে উভধর্মী অক্সাইড বলা হয়।

$ZnO+2NaOH=Zn(ONa)_2+H_2O$ (আম্লিক ধর্ম)

$ZnO+2HCl=ZnCl_2+H_2O$ (ক্ষারকীয় ধর্ম)

(৪) **প্রশম অক্সাইড**—কোন কোন অধাতব অক্সাইড যথা জল H_2O, কার্বন মনোক্সাইড CO, নাইট্রাস অক্সাইড N_2O, নাইট্রিক অক্সাইড NO প্রভৃতি অক্সাইডের মধ্যে আম্লিক বা ক্ষারকীয় কোন অক্সাইডেরই ধর্ম প্রকাশ পায় না ; ফলে ইহারা অ্যাসিড বা ক্ষারক কাহারও সহিত ক্রিয়া করে না এবং জলে দ্রবীভূত অবস্থায় লিটমাসের বর্ণের কোন পরিবর্তন করে না। ইহাদিগকে প্রশম অক্সাইড বলা হয়।

(৫) **পার-অক্সাইড**—যে সকল ধাতব অক্সাইডে স্বাভাবিক অক্সাইড অপেক্ষা অধিক পরিমাণ অক্সিজেন সংযুক্ত থাকে এবং হিম-শীতল লঘু অ্যাসিডের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও লবণ উৎপন্ন করে তাহাদিগকে পার-অক্সাইড বলে। যেমন সোডিয়াম পার-অক্সাইড Na_2O_2, বেরিয়াম পার-অক্সাইড BaO_2 প্রভৃতি। $Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$.

(৬) **যুগ্ম বা মিশ্র অক্সাইড**—যে সকল ধাতব অক্সাইডের সংকেত সেই ধাতুর দুইটি বিভিন্ন অক্সাইডের মিশ্রণ বলিয়া নির্দেশ করে তাহাদিগকে যুগ্ম বা মিশ্র অক্সাইড বলে। যেমন ফেরোসো-ফেরিক অক্সাইড $Fe_3O_4(FeO.\ Fe_2O_3)$, রেড লেড Pb_3O_4 $(2PbO.\ PbO_2)$ প্রভৃতি। ইহারা লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় দুইটি ভিন্ন যোজ্যতার লবণ গঠন করে। $Fe_3O_4+8HCl=FeCl_2+2FeCl_3+4H_2O$.

(৭) **উচ্চতর বা পলি অক্সাইড**—যে সকল ধাতব অক্সাইডে স্বাভাবিক অক্সাইড অপেক্ষা অধিক পরিমাণ অক্সিজেন যুক্ত থাকিলেও উহারা হিম-শীতল লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া H_2O_2 উৎপন্ন করে না, তাহাদিগকে উচ্চতর বা পলি অক্সাইড বলে। যেমন ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড MnO_2, লেড ডাই-অক্সাইড PbO_2 প্রভৃতি।

প্রশ্ন : ৬৩। (i) $\mathbf{P_2O_5}$, (ii) **CaO**, (iii) **ZnO**, (iv) **NO**, (v) $\mathbf{Na_2O_2}$ **—এই অক্সাইডগুলি কোন্ শ্রেণীভুক্ত? উহাদের নাম কর এবং ঐরূপ নামকরণের ব্যাখ্যা দাও।**

উত্তর : (i) **ফসফরাস পেণ্টক্সাইড, $\mathbf{P_2O_5}$**—ইহা অধাতব অক্সাইড। P_2O_5 জলে দ্রবীভূত হইয়া ফসফরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে : $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$. এই দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। P_2O_5-এর সহিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ক্ষার মিশাইলে সোডিয়াম ফসফেট লবণ এবং জল উৎপন্ন হয় : $P_2O_5+6NaOH=2Na_3PO_4+3H_2O$. সুতরাং, P_2O_5 একটি আম্লিক অক্সাইড।

(ii) **ক্যালসিয়াম অক্সাইড, CaO**—ইহা ধাতব অক্সাইড ও জলে অল্প পরিমাণ দ্রবীভূত হইয়া ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে : $CaO+H_2O=Ca(OH)_2$. এই দ্রবণ লাল লিটমাস নীল করে। ইহা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড লবণ ও জল গঠন করে : $CaOH+2HCl=CaCl_2+2H_2O$. সুতরাং CaO একটি ক্ষারকীয় অক্সাইড।

(iii) **জিঙ্ক অক্সাইড, ZnO**—ইহা ধাতব অক্সাইড ও জলে অদ্রবণীয়। হাইড্রো-

ক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত ইহা জিঙ্ক ক্লোরাইড লবণ ও জল গঠন করে: $ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$; এক্ষেত্রে ZnO ক্ষারকীয়। আবার ইহা ক্ষার দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে জিঙ্কেট লবণ ও জল গঠিত হয়: $ZnO + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2O$. এক্ষেত্রে ইহা অ্যাসিডধর্মী। সুতরাং, ZnO একটি উভধর্মী অক্সাইড।

(iv) **নাইট্রিক অক্সাইড, NO**—ইহা অধাতব অক্সাইড ও জলে প্রায় অদ্রবণীয়। ইহা অ্যাসিড বা ক্ষারকের সহিত কোনরূপ ক্রিয়া করে না এবং ইহার জলীয় দ্রবণ লিটমাসের বর্ণের কোন পরিবর্তন করে না। সুতরাং, NO একটি প্রশম অক্সাইড।

(v) **সোডিয়াম পার-অক্সাইড, Na_2O_2**—ইহা ধাতব অক্সাইড এবং উষ্ণ জলে দ্রবীভূত হইয়া কষ্টিক সোডা উৎপন্ন করে ও অক্সিজেন নির্গত হয়: $2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$. স্পষ্টতঃ ইহাতে স্বাভাবিক অক্সাইড, Na_2O অপেক্ষা অক্সিজেনের পরিমাণ বেশী। ইহা হিম-শীতল লঘু অ্যাসিডের সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে: $Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$. সুতরাং Na_2O_2 একটি পার-অক্সাইড।

প্রশ্ন: ৬৪। (ক) একটি কঠিন অক্সাইড আম্লিক, ক্ষারকীয় না উভধর্মী কিরূপে জানা যায়। (খ) PbO_2 MnO_2 ইহারা পার-অক্সাইড শ্রেণীভুক্ত কিনা যুক্তিসহ তাহা লিখ।

উত্তর: (ক) একটি পরীক্ষানলে অল্প পরিমাণ অক্সাইড লইয়া জল দিয়া উত্তমরূপে নাড়াচাড়া করা হয়। কঠিন অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইলে দ্রবণ লিটমাস কাগজের সাহায্যে পরীক্ষা করা হয়। নীল লিটমাস লাল হইলে অক্সাইডটি আম্লিক, কিন্তু লাল লিটমাস নীল হইলে অক্সাইডটি ক্ষারকীয় প্রমাণিত হয়।

অক্সাইডটি জলে অদ্রবণীয় হইলে উহার সামান্য অংশে লঘু HCl মিশাইয়া প্রয়োজন বোধে উত্তপ্ত করা হয়। অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইলে অক্সাইডটি ক্ষারকীয় বুঝায়।

যদি কঠিন অক্সাইড জলে ও অ্যাসিডে অদ্রবণীয় থাকে, তবে উহার সহিত NaOH দ্রবণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। ক্ষার দ্রবণে দ্রবীভূত হইলে অক্সাইডটি আম্লিক বুঝায়।

অক্সাইডটি জলে অদ্রবণীয় কিন্তু অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণ উভয়েই দ্রবণীয় হইলে উহা উভধর্মী অক্সাইড প্রমাণিত করে।

(খ) লেড ও ম্যাঙ্গানিজের সাধারণ অক্সাইডের সংকেত যথাক্রমে PbO ও MnO; ইহারা ক্ষারকীয় অক্সাইড। অতএব PbO_2 এবং MnO_2 এই দুইটি অক্সাইডে সাধারণ ক্ষারকীয় অক্সাইড অপেক্ষা অতিরিক্ত অক্সিজেন বর্তমান। কিন্তু উহাদের কোনটিই হিম-শীতল লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে না। সুতরাং উহারা পার-অক্সাইড শ্রেণীর নয়; উহাদিগকে ডাই-অক্সাইড বলে এবং উহারা উচ্চতর বা পলি অক্সাইড শ্রেণীভুক্ত।

প্রশ্ন: ৬৫। উদাহরণ সংজ্ঞা লিখ:—(ক) আর্দ্র-বিশ্লেষণ; (খ)

প্রশমন-ক্রিয়া ; (গ) **নির্দেশক বা সূচক** ; (ঘ) **টাইট্রেশন বা অনুমাপন** ; (ঙ) **অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি।**

উত্তর : (ক) **আর্দ্র-বিশ্লেষণ**—অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন হয়। কিন্তু মৃদু অ্যাসিড বা মৃদু ক্ষারক বা উভয় হইতে উৎপন্ন লবণ জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া মূল মুক্ত অ্যাসিড ও মুক্ত ক্ষারক গঠন করে ; এই অ্যাসিড ও ক্ষারকের তীব্রতার পার্থক্য অনুযায়ী উৎপন্ন জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী বা ক্ষারধর্মী হয়। এই ধরণের বিক্রিয়াকে আর্দ্র-বিশ্লেষণ বলে।

যেমন—$Na_2CO_3+2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH$ (তীব্র ক্ষার) $+H_2CO_3$ (মৃদু অ্যাসিড)

$KCN+H_2O \rightleftharpoons KOH$ (তীব্র ক্ষার) $+HCN$ (মৃদু অ্যাসিড)

$NH_4Cl+H_2O \rightleftharpoons NH_4OH$ (মৃদু ক্ষার) $+HCl$ (তীব্র অ্যাসিড)

$CuSO_4+2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2$ (মৃদু ক্ষারক) $+H_2SO_4$ (তীব্র অ্যাসিড)

সেইজন্য Na_2CO_3, KCN প্রভৃতি লবণের জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী এবং NH_4Cl, $CuSO_4$ প্রভৃতি লবণের জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী হয়।

আয়নীয় ব্যাখ্যা—Na_2CO_3, KCN, NH_4Cl ও $CuSO_4$ লবণ এবং জল আয়নীভবনের মাধ্যমে পারস্পরিক বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিড ও ক্ষারক গঠন করে ; উহারা কম-বেশী আয়নিত হয় ; ফলে জলীয় দ্রবণে নিম্নলিখিত আয়নগুলি বর্তমান থাকে :

$$Na_2CO_3+2H_2O \rightleftharpoons 2Na^++CO_3^{--}+2(H^++OH^-) \rightleftharpoons 2NaOH+H_2CO_3$$

$$KCN+H_2O \rightleftharpoons K^++CN^-+(H^++OH^-) \rightleftharpoons KOH+HCN$$

$$NH_4Cl+H_2O \rightleftharpoons NH_4^++Cl^-+(H^++OH) \rightleftharpoons NH_4OH+HCl$$

$$CuSO_4+2H_2O \rightleftharpoons Cu^{++}+SO_4^{--}+2(H^++OH^-) \rightleftharpoons Cu(OH)_2+H_2SO_4$$

Na_2CO_3 ও KCN প্রভৃতি লবণের ক্ষেত্রে জলীয় দ্রবণে অধিক মাত্রায় OH^- আয়ন থাকে কারণ NaOH ও KOH ক্ষার প্রায় সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয় কিন্তু H_2CO_3 ও HCN অ্যাসিড খুব কম আয়নিত হয় ; সেইজন্য উহাদের জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী। অপরদিকে, NH_4Cl ও $CuSO_4$ প্রভৃতি লবণের ক্ষেত্রে জলীয় দ্রবণে অত্যধিক H^+ আয়ন থাকে কারণ HCl ও H_2SO_4 প্রভৃতি অ্যাসিড খুব বেশী আয়নিত হয় কিন্তু NH_4OH ক্ষার অল্প মাত্রায় আয়নিত হয় ও $Cu(OH)_2$ অদ্রাব্য থাকে ; সেইজন্য উহাদের জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী হয়।

NaCl, K_2SO_4 প্রভৃতি যে সকল লবণ তীব্র ক্ষার ও তীব্র অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন তাহারা জলে আয়নিত হয়, কিন্তু এই আয়নগুলি জলের সহিত কোনরূপ ক্রিয়া করে না ; অর্থাৎ আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে না ; ফলে উহাদের জলীয় দ্রবণ সম্পূর্ণ প্রশম থাকে। $NaCl \rightleftharpoons Na^++Cl^-$. অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট, CH_3COONH_4 মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের লবণ বলিয়া আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন CH_3COOH ও NH_4OH উভয়ই ধর্মে প্রায় সমান মৃদু ; $CH_3COONH_4+H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH+NH_4OH$. সেইজন্য ইহাদের জলীয় দ্রবণ মোটামুটি প্রশম থাকে, তবে উৎপন্ন মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের তীব্রতার তারতম্যে দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী বা ক্ষারধর্মী হয়।

(খ) **প্রশমন-ক্রিয়া**—অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনের সহিত ক্ষারের হাইড্রক্সিল মূলক অথবা ক্ষারকের অক্সিজেন সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করিয়া জল ও লবণ গঠন করিলে উৎপন্ন দ্রবণে আম্লিক বা ক্ষারীয় ধর্ম থাকে না। এই ধরণের বিক্রিয়াকে প্রশমন-ক্রিয়া বলে। $HCl+NaOH=NaCl+H_2O$; $MgO+2HCl=MgCl_2+H_2O$. সাধারণতঃ তুল্যাঙ্কের অনুপাতে অ্যাসিড ও ক্ষার বা ক্ষারক মিশ্রিত করিলে প্রশমন-ক্রিয়া নিষ্পন্ন হয়।

আয়নীয় ব্যখ্যা—জল প্রশম ; ইহাতে আম্লিক বা ক্ষারীয় গুণ থাকে না। কারণ ইহাতে H^+ এবং OH^- আয়ন সম-পরিমাণে থাকে : $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$. জলে বিয়োজিত হইয়া অ্যাসিড H^+আয়ন এবং ক্ষার OH^- আয়ন উৎপন্ন করে। অতএব তড়িৎ বিয়োজনবাদ অনুসারে অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় অ্যাসিডের H^+ আয়ন ও ক্ষারের OH^- আয়নের রাসায়নিক সংযোগে প্রশম তড়িৎ অপরিবাহী জলের অণুর গঠনকে প্রশমন-ক্রিয়া বলা হয়।

$$HCl+NaOH \rightleftharpoons (H^+ + Cl^-) + (Na^+ + OH^-) \rightleftharpoons NaCl + H_2O$$

যে-কোন অ্যাসিডের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্কের প্রশমন ক্ষমতা সমান। সেইজন্য সমান মাত্রায় যে-কোন অ্যাসিড এবং ক্ষার সম-আয়তনে প্রশমিত হয়।

(গ) **নির্দেশক** বা **সূচক**—অনুমাপন পদ্ধতিতে প্রমাণ দ্রবণের কোন ক্ষার বা অ্যাসিডের সহিত অজ্ঞাত মাত্রার অ্যাসিড বা ক্ষারের বিক্রিয়া দ্বারা প্রশমন-ক্ষণ নির্ণয় করিবার জন্য কতকগুলি রাসায়নিক পদার্থ খুব অল্প পরিমাণে ব্যবহার করা হয় ; বিক্রিয়া শেষে এই পদার্থগুলি দ্রবণের বর্ণ পরিবর্তন করিয়া প্রশমন ক্রিয়ার সমাপ্তি-ক্ষণ নির্দেশ করে। ইহাদিগকে নির্দেশক বা সূচক বলে। নির্দেশক সাধারণতঃ মৃদু জৈব অ্যাসিড বা ক্ষারক। ইহারা প্রশমন ক্রিয়ায় কোন অংশ গ্রহণ করে না। ইহাদের বর্ণ অ্যাসিড, ক্ষার এমন-কি প্রশম দ্রবণে ভিন্ন ভিন্ন হয়। ইহাদের ব্যবহার অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। লিটমাস, ফিনফ্থ্যালিন, মিথাইল অরেঞ্জ প্রভৃতি নির্দেশক। লিটমাস অ্যাসিড দ্রবণে লাল, ক্ষার দ্রবণে নীল এবং প্রশম দ্রবণে বেগুনী বর্ণের হয়। ফিনফ্থ্যালিন অ্যাসিড ও প্রশম উভয় দ্রবণে বর্ণহীন এবং ক্ষার দ্রবণে ইহা গোলাপী বা লালাভ হয়। কিন্তু মিথাইল অরেঞ্জ অ্যাসিড দ্রবণে গোলাপী বা লালাভ, ক্ষার দ্রবণে হলুদ এবং প্রশম দ্রবণে কমলা বর্ণের হয়। সুতরাং ইহাদের বর্ণ পরিবর্তন দ্বারা অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন-ক্রিয়ার সমাপ্তি বোঝা যায়।

(ঘ) **টাইট্রেশন** বা **অনুমাপন**—অ্যাসিড ও ক্ষার তুল্যাঙ্ক পরিমাণে পরস্পর পরস্পরকে প্রশমিত করে। প্রমাণ দ্রবণের কোন ক্ষার বা অ্যাসিডের সহিত অজ্ঞাত মাত্রার অ্যাসিড বা ক্ষারের প্রশমন বিক্রিয়া ঘটাইয়া উহার মাত্রা নির্ণয় করিবার পরীক্ষা-পদ্ধতিকে টাইট্রেশন বা অনুমাপন বলে। পরীক্ষাগারে সাধারণতঃ অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন-ক্রিয়ায় অ্যাসিড দ্রবণ ব্যুরেটে এবং ক্ষার দ্রবণ বিকার বা শঙ্কু কূপীতে লওয়া হয় ; তারপর ক্ষার দ্রবণে কয়েক ফোঁটা নির্দেশক যোগ করিয়া উহাতে ব্যুরেট হইতে

অ্যাসিড ধীরে ধীরে ফেলিয়া উহাদের পারস্পরিক সংমিশ্রণে প্রশমন বিক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়।

(ঙ) **অম্লমিতি**—উপযুক্ত নির্দেশকের উপস্থিতিতে ক্ষারের প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা অজ্ঞাত মাত্রার অ্যাসিড দ্রবণকে প্রশমিত করিয়া সেই অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় করিবার পদ্ধতিকে অম্লমিতি বলে।

ক্ষারমিতি—অ্যাসিডের প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে উপযুক্ত নির্দেশকের উপস্থিতিতে অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার দ্রবণ প্রশমিত করিয়া সেই ক্ষার দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় করিবার পদ্ধতিকে ক্ষারমিতি বলে।

প্রশ্ন ঃ ৬৬। (ক) নরম্যাল ও মোলার দ্রবণ কাহাকে বলে? ফরম্যাল দ্রবণ কি? (খ) দ্রবণের নরম্যালিটি বা তুল্যাঙ্ক-মাত্রা এবং মোলারিটি বা আণব-মাত্রা বলিতে কি বুঝায়? কোন পদার্থে উভয়ের মান অভিন্ন হয়?

উত্তর ঃ (ক) **নরম্যাল দ্রবণ**—যে দ্রবণের এক লিটারে দ্রাবের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকে তাহাকে নরম্যাল বা তুল্য দ্রবণ বলে। অর্থাৎ এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ যে-কোন দ্রাব জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 1000 সি.সি. তথা 1 লিটার করিলে উহাই নরম্যাল দ্রবণ হয়; সাধারণতঃ সংকেতের আগে N-চিহ্ন লিখিয়া নরম্যাল দ্রবণ বুঝান হয়। যেমন (N)HCl, (N)Na_2CO_3 ও (N)NaCl দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের নরম্যাল দ্রবণ বুঝায়। HCl, Na_2CO_3 ও NaCl-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 36·5 গ্রাম, 53 গ্রাম ও 53·5 গ্রাম বলিয়া উহাদের প্রত্যেকটির 1000 সি.সি. বা 1 লিটার দ্রবণে যথাক্রমে 36·5 গ্রাম HCl, 53 গ্রাম Na_2CO_3 ও 58·5 গ্রাম NaCl দ্রবীভূত থাকে।

মোলার দ্রবণ—যে দ্রবণের এক লিটারে দ্রাবের এক গ্রাম-আণবিক ওজন অর্থাৎ এক মোল দ্রবীভূত থাকে তাহাকে মোলার বা আণব দ্রবণ বলে। অর্থাৎ এক গ্রাম-অণু বা এক মোল পরিমাণ যে কোন দ্রাব জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 1 লিটার করিলে উহাই মোলার দ্রবণ হয়; সাধারণতঃ সংকেতের আগে M চিহ্ন লিখিয়া উহা প্রকাশ করা হয়। যেমন (M) HCl, (M) Na_2CO_3 ও (M) NaCl দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের মোলার দ্রবণ বুঝায়। HCl, Na_2CO_3 ও NaCl-এর গ্রাম-অণুর ওজন যথাক্রমে 36·5 গ্রাম, 106 গ্রাম ও 58·5 গ্রাম বলিয়া উহাদের প্রত্যেকটির এক লিটার দ্রবণে যথাক্রমে 36·5 গ্রাম HCl, 106 গ্রাম Na_2CO_3 ও 58·5 গ্রাম NaCl দ্রবীভূত থাকে।

ফরম্যাল দ্রবণ—NaCl, K_2SO_4 প্রভৃতি তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ কঠিন বা দ্রবীভূত অবস্থায় সম্পূর্ণভাবে Na^+ ও Cl^- আয়নরূপে থাকে বলিয়া উহাদের অণু বলিতে সঠিক কিছু বোঝা যায় না। সেইজন্য এ জাতীয় তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মাত্রা বা শক্তি ফরম্যাল দ্রবণ হিসাবে প্রকাশ করা হয়। যে দ্রবণের এক লিটারে দ্রাবের গ্রাম-

সংকেত ওজন দ্রবীভূত থাকে তাহাকে ফরম্যাল দ্রবণ বলে। যেমন NaCl-এর ফরম্যাল দ্রবণের প্রতি লিটারে 58·5 গ্রাম NaCl দ্রবীভূত থাকে।

(খ) **দ্রবণের নরম্যালিটি** বা **তুল্যাঙ্ক-মাত্রা**—এক লিটার দ্রবণে কোন দ্রাবের যত গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকে তাহাকে ঐ দ্রবণের নরম্যালিটি বা তুল্যাঙ্কমাত্রা বলে। যেমন এক লিটার (N)NaOH দ্রবণে 40 গ্রাম অর্থাৎ এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক NaOH থাকে। সুতরাং ঐ দ্রবণের নরম্যালিটি এক। সেইরূপে এক লিটার H_2SO_4 দ্রবণে 98 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে উহার নরম্যালিটি দুই ; কারণ H_2SO_4-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 49 বলিয়া 98 গ্রাম উহার দুই গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সমান। এইভাবে 4·9 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণের নরম্যালিটি 0·1 হয়।

দ্রবণের মোলারিটি বা **আণব-মাত্রা**—এক লিটার দ্রবণে কোন দ্রাবের যত গ্রাম-আণবিক ওজন অর্থাৎ গ্রাম-অণু দ্রবীভূত থাকে তাহাকে ঐ দ্রবণের মোলারিটি বা আণব-মাত্রা বলে। যেমন এক লিটার (M) Na_2CO_3 দ্রবণে 106 গ্রাম অর্থাৎ এক গ্রাম-অণু Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকে। সুতরাং ঐ দ্রবণের মোলারিটি এক। সেইরূপে কোন দ্রবণের এক লিটারে 53 গ্রাম (অর্থাৎ $\frac{53}{106}$ বা 0·5 গ্রাম-অণু) Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকিলে উহার মোলারিটি 0·5.

কোন যৌগের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ও গ্রাম-আণবিক ওজন এক হইলে উহার দ্রবণের নরম্যালিটি ও মোলারিটি উভয়ের মান সমান অর্থাৎ অভিন্ন হয়। যেমন এক লিটার NaOH দ্রবণে 40 গ্রাম NaOH থাকিলে উহার নরম্যালিটি ও মোলারিটি উভয়ের মান এক, কারণ NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ও গ্রাম-আণবিক ওজন 40 গ্রাম বলিয়া উহাতে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বা এক গ্রাম-অণু NaOH দ্রবীভূত থাকে। সেইরূপে HCl দ্রবণের নরম্যালিটি ও মোলারিটি উভয়ের মান এক হয়, যেহেতু HCl-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ও গ্রাম-আণবিক ওজন উভয়ই 36·5 গ্রাম। কিন্তু Na_2CO_3 ও H_2SO_4 উভয় দ্রবণের মোলারিটি উহাদের নরম্যালিটির দ্বিগুণ, কারণ উভয়ের গ্রাম-আণবিক ওজন উহাদের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের দ্বিগুণ।

প্রশ্ন : ৬৭। (ক) প্রমাণ দ্রবণ কাহাকে বলে? ইহা কয় প্রকার ও কি কি? উহাদের মধ্যে কি পার্থক্য বিদ্যমান? (খ) মুখ্য প্রামাণিক ও গৌণ প্রামাণিক কি? (গ) ডেসি-নরম্যাল দ্রবণ কাহাকে বলে? দ্রবণের গুণক বলিতে কি বুঝায়? উপযুক্ত উদাহরণ লইয়া বুঝাইয়া দাও।

উত্তর : (ক) **প্রমাণ দ্রবণ**—নির্দিষ্ট আয়তনের কোন দ্রাবকে যে কোন দ্রাব যথা অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণের নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রবীভূত করিলে উৎপন্ন দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা জানা থাকে। এইরূপ জ্ঞাত মাত্রার অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণের দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণ বলে। যেমন, 10% NaOH দ্রবণ বলিলে 100 সি. সি. জলে 10 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে বুঝায় ; ইহার শক্তি বা মাত্রা জ্ঞাত বলিয়া ইহা NaOH-এর প্রমাণ দ্রবণ। আবার প্রমাণ দ্রবণ নরম্যাল এবং মোলার হিসাবেও প্রকাশ করা যায়, কারণ

উপরোক্ত দ্রবণগুলির মাত্রা জ্ঞাত থাকে। 0·5(N)NaOH দ্রবণ ও 0·1(N)Na_2CO_3 দ্রবণের প্রত্যেকটির এক লিটারে যথাক্রমে 20 গ্রাম NaOH ও 5·3 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে ; ফলে উহারা প্রমাণ দ্রবণ হয়।

প্রমাণ দ্রবণ দুই প্রকার ; যথা মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ ও গৌণ প্রমাণ দ্রবণ। যে সকল কঠিন পদার্থ বিশুদ্ধ ও বিশুষ্ক অবস্থায় পাওয়া যায় এবং তদুপরি বায়ুর সংস্পর্শে অবিকৃত থাকে উহাদের নির্দিষ্ট পরিমাণ সরাসরি নির্দিষ্ট আয়তনের পাতিত জলে দ্রবীভূত করিলে সঠিক মাত্রার প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত হয়। এই প্রকারের দ্রবণকে মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ বলে। যেমন নিরুদক সোডিয়াম কার্বনেট Na_2CO_3 এবং অক্সালিক অ্যাসিড $(COOH)_2 . 2H_2O$ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অবস্থায় পাওয়া যায় ; সেইজন্য ইহাদের প্রত্যক্ষ ওজন হইতে সরাসরি সঠিক মাত্রার প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা সম্ভব হয়। কিন্তু যে সকল পদার্থ বিশুদ্ধ বা শুষ্ক অবস্থায় পাওয়া যায় না অথবা বায়ুর সংস্পর্শে বিক্রিয়া করে উহাদের প্রত্যক্ষভাবে ওজন করিয়া সঠিক মাত্রার প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় না। যেমন কোন মতেই বিশুদ্ধ পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, $KMnO_4$ প্রস্তুত করা যায় না এবং NaOH বা গাঢ় H_2SO_4 জলাকর্ষী বলিয়া উহাদের সঠিক ওজন পাওয়া অসম্ভব। সেক্ষেত্রে উহাদের আনুমানিক মাত্রার একটি দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া কোন একটি মুখ্য প্রমাণ দ্রবণের সহিত অনুমাপন প্রক্রিয়ায় পরোক্ষভাবে উহাদের মাত্রা সঠিকভাবে নির্ণয় করা হয়। এই প্রকারের দ্রবণকে গৌণ প্রমাণ দ্রবণ বলে।

অতএব সরাসরি কোন দ্রাব একবার ওজন করিয়া সঠিক মাত্রার মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় কিন্তু এই উপায়ে গৌণ প্রমাণ দ্রবণের সঠিক মাত্রা জানা যায় না ; ইহার সঠিক মাত্রা পরোক্ষভাবে কোন মুখ্য প্রমাণ দ্রবণের সহিত অনুমাপন প্রক্রিয়ায় স্থির করিতে হয়।

(খ) **মুখ্য প্রামাণিক**—যে সকল পদার্থের নির্দিষ্ট পরিমাণ সরাসরি ওজন করিয়া নির্দিষ্ট আয়তন জলে দ্রবীভূত করিলে উৎপন্ন দ্রবণের সঠিক মাত্রা পাওয়া যায় তাহাদিগকে মুখ্য প্রামাণিক বলে। ইহাদিগকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অবস্থায় পাওয়া যায় এবং ইহারা বায়ুর সংস্পর্শে অবিকৃত থাকে। অক্সালিক অ্যাসিড $(COOH)_2 . 2H_2O$, অনার্দ্র Na_2CO_3, পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট $K_2Cr_2O_7$ প্রভৃতি মুখ্য প্রামাণিক।

গৌণ প্রামাণিক—যে সকল পদার্থের নির্দিষ্ট পরিমাণ সরাসরি ওজন করা সম্ভব হয় না ; ফলে উহাদের জলে দ্রবীভূত করিলে সঠিক মাত্রার দ্রবণ পাওয়া যায় না এবং এই দ্রবণের সঠিক মাত্রা নির্ণয়ের জন্য কোন মুখ্য প্রমাণ দ্রবণের সহিত অনুমাপন করিতে হয়, তাহাদিগকে গৌণ প্রামাণিক বলে। ইহাদের কতকগুলি সর্বদাই অবিশুদ্ধ হয়, আবার কতকগুলি বায়ুর সংস্পর্শে বিক্রিয়া করে। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট $KMnO_4$, NaOH, গাঢ় H_2SO_4 প্রভৃতি গৌণ প্রামাণিক।

(গ) **ডেসি নরম্যাল দ্রবণ**—যে দ্রবণের এক লিটার বা 1000 সি. সি.-তে কোন পদার্থের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্কের দশ ভাগের এক ভাগ দ্রবীভূত থাকে তাহাকে ডেসি-

নরম্যাল দ্রবণ বলে। ইহা $\frac{N}{10}$ দ্রবণরূপে লেখা হয়। যেমন H_2SO_4-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 49 গ্রাম। সুতরাং H_2SO_4-এর এক-লিটার দ্রবণে 4·9 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত থাকিলে উহা ডেসি-নরম্যাল দ্রবণ; অর্থাৎ $\left(\frac{N}{10}\right)H_2SO_4$ দ্রবণ হয়। সেইমতে 5·3 গ্রাম অনার্দ্র Na_2CO_3 এক লিটার জলে দ্রবীভূত করিলে উহা $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ হয়। সাধারণতঃ অনুমাপন প্রক্রিয়ায় ডেসি-নরম্যাল দ্রবণ ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

দ্রবণের গুণক বা **গুণনীয়ক**—প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কোন পদার্থের নির্দিষ্ট পরিমাণ সঠিকভাবে তুলাযন্ত্রে ওজন করিয়া লইতে হয়। এইভাবে ওজন করিয়া লওয়া অসম্ভব না হইলেও খুব কঠিন এবং সময়-সাপেক্ষ। সেইজন্য সঠিক পরিমাণ লইতে চেষ্টা না করিয়া উক্ত ওজনের কাছাকাছি পদার্থটি আন্দাজ করিয়া ঢালিয়া লইয়া সঠিকভাবে গৃহীত ওজন স্থির করিয়া দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। গৃহীত ওজনকে সেই পদার্থের গ্রহণযোগ্য ওজন দ্বারা ভাগ করিলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় তাহাকে সেই দ্রবণের গুণক বা গুণনীয়ক বলে। যেমন Na_2CO_3-এর $\frac{N}{10}$ দ্রবণ প্রস্তুতিতে সঠিক 5·3 গ্রাম এক লিটারে দ্রবীভূত করা প্রয়োজন। কিন্তু সঠিকভাবে তুলাযন্ত্রে উহার কাছাকাছি যেমন 5·3674 গ্রাম Na_2CO_3 ওজন করিয়া উহা 1 লিটার পরিমাপক ফ্লাস্কে ঢালিয়া জলে দ্রবীভূত করিলে যে Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত হয় তাহার মাত্রা $\frac{5 \cdot 3674}{53}\left(\frac{N}{10}\right)$ বা $1 \cdot 0127\left(\frac{N}{10}\right)$. এই 1·0127 সংখ্যাই $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণের গুণক।

প্রশ্ন: ৬৮। (ক) প্রশমন-ক্রিয়া কাহাকে বলে? ইহার আয়নীয় ব্যাখ্যা দাও। (খ) প্রশমন-ক্রিয়ায় নির্দেশকের ব্যবহার সম্বন্ধে কি জান লিখ। অথবা, **প্রশমন-ক্রিয়ায় নির্দেশক নির্বাচনে কি কি বিষয় লক্ষ্য রাখা উচিত?**

উত্তর: (ক) ৬৭(খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) প্রশমন-ক্রিয়ায় নির্দেশক নির্বাচনে কয়েকটি বিষয় লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন। যে সমস্ত বিক্রিয়ায় CO_2 নির্গত হয়, সেই সকল ক্ষেত্রে লিটমাস নির্দেশক ব্যবহার করা যায় না; সেখানে মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহার করিতে হয়। অন্যদিকে বিক্রিয়ায় NH_3 উৎপন্ন হইলে ফিনফ্‌থ্যালিন ব্যবহার করা যায় না। ইহা ছাড়া অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রকৃতি অনুযায়ী নির্দেশক ব্যবহার করিতে হয়। তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের ট্রাই-ট্রেশনের সময় যে-কোন নির্দেশক ব্যবহার করা যায়, অন্যদিকে মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের ট্রাইট্রেশনে যে কোন নির্দেশকই প্রশমণ-ক্ষণ নির্ণয়ে অসমর্থ হয় অর্থাৎ উহাদের টাইট্রেশন করা চলে না। কিন্তু তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের টাইট্রেশনের সময় মিথাইল অরেঞ্জ এবং মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের টাইট্রেশনের সময় ফিনফ্‌থ্যালিন সাধারণতঃ নির্দেশক হিসাবে ব্যবহার করিতে হয়।

প্রশ্ন : ৬৯। অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের তুল্যাঙ্কভার কাহাকে বলে? উহাদের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলিতে কি বুঝায় উদাহরণ দাও।

উত্তর : অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার—অ্যাসিডের যত ভাগ ওজনে এক ভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন বর্তমান থাকে সেই সংখ্যাকে অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার বলে। কিন্তু অ্যাসিডের অণুতে অবস্থিত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু-সংখ্যা অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা বুঝায়। সুতরাং, অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{\text{অ্যাসিডের আণবিক ওজন}}{\text{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা}}$। যেমন HCl অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার 36·5 ; কারণ HCl-এর আণবিক ওজন $=1+35{\cdot}5=36{\cdot}5$ এবং উহাতে প্রতিস্থাপনযোগ্য একটি H পরমাণু আছে। একইভাবে, H_2SO_4-এর তুল্যাঙ্কভার $=\frac{98}{2}=49$, যেহেতু H_2SO_4-এর আণবিক ওজন 98 এবং উহার ক্ষারগ্রাহিতা অর্থাৎ প্রতিস্থাপনীয় H-পরমাণুর সংখ্যা 2.

অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক—অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার গ্রাম এককে প্রকাশ করিলে উহাকে অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলা হয় ; অর্থাৎ এক গ্রাম প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন যত গ্রাম অ্যাসিডে বর্তমান থাকে তাহাই অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক। যেহেতু অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা উহার প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন সংখ্যার সমান ; সুতরাং অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= \frac{\text{অ্যাসিডের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা}}$। যেমন HCl ও H_2SO_4-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 36·5 গ্রাম ও 49 গ্রাম। কারণ উহাদের এক গ্রাম-অণুতে যথাক্রমে 1-টি ও 2-টি প্রতিস্থাপনীয় H পরমাণু আছে বলিয়া ক্ষারগ্রাহিতা যথাক্রমে 1 ও 2 হয়।

ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার—ক্ষারকের যত ভাগ ওজন এক তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অ্যাসিড সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করে সেই সংখ্যাকে ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার বলে। কিন্তু এক অণু ক্ষারক যত তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড প্রশমনে সক্ষম তাহাই ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা। সুতরাং ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{\text{ক্ষারকের আণবিক ওজন}}{\text{ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা}}$। যেমন $NaOH+HCl =NaCl+H_2O$ হইতে পাই, 40 ভাগ ওজনের NaOH ও 36·5 ভাগ ওজনের HCl পরস্পর প্রশমিত হয়। যেহেতু HCl-এর তুল্যাঙ্কভার 36·5, সুতরাং NaOH-এর তুল্যাঙ্কভার 40. অন্যভাবে NaOH-এর অম্লগ্রাহিতা 1, সেইজন্য উহার তুল্যাঙ্কভার $=\frac{40}{1}=40$.

$MgO+2HCl=MgCl_2+H_2O$ হইতে পাই 40 ভাগ ওজনের MgO বিক্রিয়া করে $2\times36{\cdot}5$ ভাগ ওজনের বা 2 তুল্যাঙ্ক পরিমাণ HCl-এর সহিত। সুতরাং MgO-এর তুল্যাঙ্কভার $=\frac{40}{2}=20$.

ক্ষারকের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক—ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার গ্রাম এককে প্রকাশ করিলে উহার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পাওয়া যায়। অর্থাৎ ক্ষারকের গ্রামে প্রকাশিত যে ওজন এক গ্রাম-

তুল্যাঙ্ক অ্যাসিডকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করে তাহাকে ক্ষারকের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলে। যেহেতু ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা=উহার গ্রাম-অণু দ্বারা প্রশমিত কত সংখ্যক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিডের সমান ; সুতরাং ক্ষারকের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = $\frac{\text{ক্ষারকের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা}}$ ।

যেমন $2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$ হইতে পাই, 2×40 গ্রাম NaOH 98 গ্রাম বা $2 \times$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক H_2SO_4 প্রশমিত করে। সুতরাং NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= \frac{2 \times 40}{2} = 40$ গ্রাম। সেইরূপে $Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O$ হইতে পাই, $Ca(OH)_2$-এর অম্লগ্রাহিতা 2 ; যেহেতু উহার গ্রাম-আণবিক ওজন 74 গ্রাম, সুতরাং $Ca(OH)_2$-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= \frac{74}{2} = 37$ গ্রাম।

লবণের তুল্যাঙ্কভার—লবণের যত ভাগ ওজনে এক তুল্যাঙ্কভার বিক্রিয়াশীল মৌল তথা ধাতু বর্তমান থাকে সেই সংখ্যাকে লবণের তুল্যাঙ্কভার বলে। যেমন 106 ভাগ ওজনের Na_2CO_3-এ 2×23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম আছে। এক্ষেত্রে বিক্রিয়াশীল সোডিয়াম ধাতুর তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অর্থাৎ 23 ভাগ ওজন $\frac{106}{2} = 53$ ভাগ ওজনের Na_2CO_3-এ বর্তমান আছে। সুতরাং Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার=53. অন্যভাবে লবণের আণবিক ওজনকে উহার অণুস্থিত ধাতুর মোট যোজ্যতা দ্বারা ভাগ করিলেই লবণের তুল্যাঙ্কভার পাওয়া যায়। যেমন $CaCO_3$ লবণে Ca-এর যোজ্যতা 2, উহার আণবিক ওজন 100 বলিয়া $CaCO_3$-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{100}{2} = 50$.

লবণের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক—লবণের তুল্যাঙ্কভারকে গ্রাম এককে প্রকাশ করিলে উহাই লবণের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক হয়। অর্থাৎ লবণের যত গ্রাম ওজনে লবণের মধ্যস্থিত ধাতুটির এক তুল্যাঙ্ক পরিমাণ বর্তমান থাকে উহাকে লবণের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলে। অতএব লবণের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= \frac{\text{লবণের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{ধাতুর মোট যোজ্যতা}}$ । যেমন ফেরিক ক্লোরাইড $(FeCl_3.6H_2O)$-এর গ্রাম-আণবিক ওজন 270·5 এবং উক্ত লবণে Fe-এর যোজ্যতা 3 ; সুতরাং $FeCl_3.6H_2O$-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= \frac{270{\cdot}5}{3} = 90{\cdot}17$ গ্রাম।

প্রশ্ন : ৭০। আর্দ্র-বিশ্লেষণ কি ? লবণ সত্ত্বেও Na_2CO_3 ও NH_4Cl-এর জলীয় দ্রবণ যথাক্রমে ক্ষারধর্মী ও অম্লধর্মী হয় কিন্তু NaCl-এর জলীয় দ্রবণ প্রশম হয় কেন ?

উত্তর : ৬৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

গাণিতিক উদাহরণ

নিয়ম—নিম্নলিখিত তিনটি মূলনীতির সাহায্যে অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির যাবতীয় গণনা করা যায় ; যথা—

(১) কোন দ্রবণের আয়তন ও নরম্যাল মাত্রার গুণফল সমান রাখিয়া উহার আয়তন পরিবর্তন করা যায়। যেমন 1 সি.সি. N দ্রবণ ≡ 10 সি.সি. 0·1N দ্রবণ ≡ 0·5 সি. সি. 2N দ্রবণ।

(২) সমান মাত্রার অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণ সম-আয়তনে পরস্পরকে প্রশমিত করে। যেমন 10 সি.সি. (N) H_2SO_4 দ্রবণ $\equiv$ 10 সি.সি. (N) NaOH দ্রবণ ; অথবা 5 সি.সি. 0·1(N)HCl দ্রবণ $\equiv$ 5 সি.সি. 0·1 (N) Na_2CO_3 দ্রবণ।

(৩) যে-কোন প্রশমন-ক্রিয়ায়, অ্যাসিড দ্রবণের আয়তন (V) × অ্যাসিডের মাত্রা (S) = ক্ষার দ্রবণের আয়তন (V_1) × ক্ষারের মাত্রা (S_1) ; অর্থাৎ $V \times S = V_1 \times S_1$ হয়।

১। নিম্নলিখিত প্রমাণ দ্রবণে দ্রবীভূত পদার্থের ওজন কত ?

(i) 250 সি.সি. (2N) NaOH ; (ii) 500 সি.সি. 1·25 $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 ;

(iii) 25 সি.সি. 0·88 $\left(\frac{N}{10}\right)$ HNO_3.

উত্তর : (i) NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 40 গ্রাম। অতএব 1000 সি.সি. (N) NaOH দ্রবণে 40 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত থাকে। সুতরাং 250 সি.সি. (2N) NaOH দ্রবণে দ্রবীভূত NaOH-এর পরিমাণ $= \frac{40 \times 250 \times 2}{1000} = 20$ গ্রাম।

(ii) Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 53 গ্রাম। অতএব 1000 সি.সি. (N)Na_2CO_3 দ্রবণে 53 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকে। সুতরাং 500 সি.সি. 1·25$\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণে দ্রবীভূত Na_2CO_3-এর পরিমাণ $= \frac{53 \times 500 \times 1{\cdot}25}{1000 \times 20}$ = 3·3125 গ্রাম।

(iii) HNO_3-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 63 গ্রাম। অতএব 1000 সি.সি. (N) HNO_3 দ্রবণে 63 গ্রাম HNO_3 দ্রবীভূত থাকে। সুতরাং 25 সি.সি. 0·88 $\left(\frac{N}{10}\right)$ HNO_3 দ্রবণে দ্রবীভূত HNO_3-এ পরিমাণ $= \frac{63 \times 25 \times 0{\cdot}88}{1000 \times 10} = 0{\cdot}1386$ গ্রাম।

২। (i) 0·28 গ্রাম KOH, (ii) 4·2 গ্রাম $NaHCO_3$ উহাদের ডেসি-নরম্যাল দ্রবণের কত আয়তনে থাকিবে ?

উত্তর : (i) KOH-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 56 গ্রাম। অতএব 1000 সি.সি. N-দ্রবণে 56 গ্রাম KOH থাকে ; সুতরাং 0·28 গ্রাম KOH ডেসি-নরম্যাল দ্রবণের $\frac{1000 \times 0{\cdot}28 \times 10}{56} = 50$ সি.সি.-তে থাকিবে।

(ii) $NaHCO_3$-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 84 গ্রাম। অতএব 1000 সি. সি. N-দ্রবণে 84 গ্রাম $NaHCO_3$ থাকে। সুতরাং 4·2 গ্রাম $NaHCO_3$ ডেসি-নরম্যাল দ্রবণের $\frac{1000 \times 4{\cdot}2 \times 10}{84} = 500$ সি.সি-তে থাকিবে।

৩। 100 সি. সি. NaOH দ্রবণে 2·2 গ্রাম NaOH থাকিলে ইহার নরম্যাল মাত্রা কি হইবে ?

উত্তর : 100 সি. সি. দ্রবণে 2·2 গ্রাম NaOH থাকিলে 1000 সি. সি. দ্রবণে 22 গ্রাম NaOH থাকে। NaOH-এর তুল্যাঙ্কভার 40, অতএব 1000 সি. সি. দ্রবণে 40 গ্রাম NaOH থাকিলে উহা N দ্রবণ হয়। সুতরাং NaOH দ্রবণের মাত্রা $=\frac{22}{40}$ (N) $=0·55$ (N).

৪। 50 সি. সি. NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 40·5 সি. সি. 1·235 $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 প্রয়োজন হয়। NaOH দ্রবণের শক্তি নরম্যাল মাত্রা এবং লিটার-প্রতি গ্রাম ওজন হিসাবে প্রকাশ কর।

উত্তর : মনে করিলাম, NaOH দ্রবণের মাত্রা x ; অতএব 50 সি. সি. (x) NaOH ≡ 50 সি. সি. (N) H_2SO_4.

সূত্র অনুযায়ী, $V \times S = V_1 \times S_1$; অর্থাৎ $50 \times x = 40·5 \times 1·253 \left(\frac{N}{10}\right)$.

$$\therefore \quad x = \frac{40·5 \times 1·235}{50}\left(\frac{N}{10}\right) = 1·0003\left(\frac{N}{10}\right).$$

আবার লিটার-প্রতি গ্রাম মাত্রা = নরম্যাল মাত্রা × NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক
$= 0·10003 \times 40 = 4·00\,12$ গ্রাম।

৫। এক লিটারে 4·9 গ্রাম H_2SO_4 আছে এমন দ্রবণকে প্রশমিত করিতে কত আয়তন 10% Na_2CO_3-এর প্রয়োজন হইবে ?

উত্তর : 10% Na_2CO_3 দ্রবণ বলিতে বুঝায়, 100 সি. সি. দ্রবণে 10 গ্রাম Na_2CO_3 আছে। অতএব 1000 সি. সি. দ্রবণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ = 100 গ্রাম। সুতরাং Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $=\frac{100}{53}$ (N).

আবার H_2SO_4-এর মাত্রা $=\frac{4·9}{49}=0·1$ (N). অতএব $V \times S = V_1 \times S_1$ সূত্রানুসারে, $V \times \frac{100}{53}(N) = 1000 \times 0·1\ (N)$; অতএব $V = \frac{1000 \times 0·1 \times 53}{100}$ $= 53$ সি. সি.।

৬। একটি ক্ষারীয় দ্রবণের 25 সি. সি. লইয়া উহাতে 8 সি. সি. 0·75 (N) HCl যোগ করা হইল। পরে ইহাকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে আরও 15 সি. সি. 0·8 (N) H_2SO_4 প্রয়োজন হইল। ক্ষারীয় দ্রবণের মাত্রা কত ?

উত্তর : 8 সি. সি. 0·75 (N) HCl ≡ $8 \times 0·75 = 6·0$ সি. সি. (N)HCl দ্রবণ ; আবার 15 সি. সি. 0·8(N) $H_2SO_4 \equiv 15 \times 0·8 = 12·0$ সি. সি. (N) H_2SO_4 দ্রবণ।

∴ (N) অ্যাসিডের মোট পরিমাণ $=(6·0+12·0)=18·0$ সি. সি.। মনে করিলাম, ক্ষার দ্রবণের মাত্রা x ; অতএব $V \times S = V_1 \times S_1$ সূত্রানুসারে, $25 \times x = 12·0 \times N$; অর্থাৎ $x = \frac{18·0}{25}(N) = 0·72$ (N).

৭। গাঢ় H_2SO_4-এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·84 এবং ওজন হিসাবে ইহাতে 98% H_2SO_4 আছে। উক্ত অ্যাসিডের 10 সি. সি. প্রশমিত করিতে কি পরিমাণ 2·5(N) NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হইবে ?

উত্তর : 1 সি. সি. H_2SO_4-এর ওজন = 1·84 গ্রাম। অতএব 1 সি. সি. 98% H_2SO_4-এ $\frac{1·84 \times 98}{100} = 1·7992$ গ্রাম H_2SO_4 আছে। সুতরাং ইহার 1 লিটারে H_2SO_4-এর পরিমাণ = 1799·2 গ্রাম। অতএব, গাঢ় H_2SO_4-এর মাত্রা = $\frac{1799·2}{49}$ (N) = 36·91 (N). মনে করিলাম, ইহার 10 সি. সি. প্রশমন করিতে x সি. সি. 2·5 (N)NaOH দ্রবণ লাগে।

∴ x সি. সি. 2·5(N) NaOH দ্রবণ ≡ 10 সি. সি. 36·91(N) H_2SO_4.

∴ $x \times 2·5(N) = 10 \times 36·91(N)$; অর্থাৎ $x = \frac{10 \times 36·91}{2·5} = 147·64$ সি.সি.।

৮। 20 সি. সি. 0·45(N) NaOH দ্রবণে 30 সি সি. 0·32(N)HCl যোগ করিলে মিশ্রণটি ক্ষারীয় অথবা আম্লিক কি হইবে ? (i) এই মিশ্রণের নরম্যাল মাত্রা এবং (ii) উক্ত প্রশমনে উৎপন্ন লবণের নরম্যাল মাত্রা নির্ণয় কর।

উত্তর : 20 সি. সি. 0·45(N)NaOH ≡ 20 × 0·45 = 9 সি. সি. (N)NaOH এবং 30 সি. সি. 0·32(N)HCl ≡ 30 × 0·32 = 9·6 সি. সি. (N)HCl.

যেহেতু 9 সি. সি. (N)NaOH ≡ 9 সি. সি. (N)HCl ; অতএব মিশ্রণে (9·6 − 9·0) = 0·6 সি. সি. (N)HCl উদ্বৃত্ত আছে। সুতরাং দ্রবণটি অম্লধর্মী থাকিবে।

(i) বিক্রিয়ার পর দ্রবণের আয়তন = 20 + 30 = 50 সি. সি.। মনে করিলাম, এই দ্রবণের অ্যাসিড মাত্রা x ; অতএব, 50 সি. সি. (x)HCl ≡ 0·6 সি. সি. (N)HCl.

∴ $50 \times x = 0·6 \times (N)$; অর্থাৎ $x = \frac{0·06}{50}(N) = 0·012\ (N)$.

(ii) $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$ হইতে পাই, 9 সি. সি. (N) NaOH ও 9 সি. সি. (N)HCl প্রশমন ক্রিয়ায় 9 সি. সি. (N)NaCl গঠন করে। যেহেতু মোট দ্রবণের পরিমাণ 50 সি. সি., অতএব NaCl লবণের মাত্রা = $\frac{9}{50}(N) = 0·18(N)$.

৯। 25 সি. সি. H_2SO_4 দ্রবণ 5% Na_2CO_3 দ্রবণের 22·5 সি. সি. দ্বারা প্রশমিত হইলে অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা 0·1N-এ আনিতে 1 লিটারে কি পরিমাণ জল যোগ করিতে হইবে ?

উত্তর : 5% Na_2CO_3 দ্রবণের প্রতি লিটারে 50 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকে। অতএব 5% Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা = $\frac{50}{5·3}(N) = 9·434\left(\frac{N}{10}\right)$.

এখন 25 সি. সি. H_2SO_4 দ্রবণ ≡ 22·5 সি. সি. $9·434\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ

≡ (22·5 × 9·434) বা 212·25 সি. সি. $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ।

সুতরাং, H_2SO_4 দ্রবণকে 0·1N মাত্রার দ্রবণে পরিণত করিতে প্রতি 25 সি. সি. অ্যাসিডে (212·25 − 25·0) = 187·25 সি. সি. জল দিতে হইবে। অতএব 1 লিটার অ্যাসিডে 187·25 × 40 = 7490 সি. সি. বা 7·49 লিটার জল যোগ করিতে হইবে।

১০। প্রমাণ অবস্থায় 584 সি. সি. HCl গ্যাস কোন KOH দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করিলে দ্রবণটি ক্ষারধর্মী থাকে। ইহাতে 58 সি. সি. 1·2(N)H_2SO_4 দ্রবণ যোগ করিলে প্রশমিত হয়। দ্রবণে মোট ক্ষারের পরিমাণ কত?

উত্তর: প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার অর্থাৎ 22400 সি. সি. HCl গ্যাস ≡ 1000 সি. সি. (N) HCl; সুতরাং 584 সি. সি. HCl গ্যাস $= \frac{1000 \times 584}{22400} \equiv 26$ সি. সি. (N) HCl. আবার, 58 সি.সি. 1·2 (N) H_2SO_4 ≡ 58 × 1·2 = 69·6 সি. সি. (N)H_2SO_4. ∴ (N) অ্যাসিডের মোট পরিমাণ = (26 + 69·6) = 95·6 সি. সি.।

এখন 95·6 সি. সি. (N) অ্যাসিড ≡ 95·6 সি. সি. (N)COH.

যেহেতু KOH-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 56 গ্রাম, অতএব 95·6 সি. সি (N) KOH দ্রবণে $\frac{56 \times 95{\cdot}6}{1000} = 5{\cdot}536$ গ্রাম KOH আছে।

১১। 12·5 সি. সি. H_2SO_4 জলে দ্রবীভূত করিয়া 500 সি. সি. আয়তন করা হইল। 10·2 সি. সি. এই লঘু অ্যাসিড দ্রবণ 22·7 সি. সি. 0·1(N)Na_2CO_3 দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করে। 400 সি. সি. লঘু অ্যাসিড দ্রবণে কি পরিমাণ জল যোগ করিলে উহা সঠিক 0·1 N মাত্রার দ্রবণ হইবে?

উত্তর: 10·2 সি. সি. লঘু H_2SO_4 দ্রবণ ≡ 22·7 সি. সি. 0·1(N) Na_2CO_3 দ্রবণ ≡ 22·7 সি. সি. 0·1(N) H_2SO_4 দ্রবণ। অতএব 10·2 সি. সি. লঘু H_2SO_4 দ্রবণ ও 22·7 সি. সি. 0·1(N) H_2SO_4 দ্রবণ উভয়ের মধ্যে একই পরিমাণ H_2SO_4 আছে। সুতরাং 10·2 সি. সি. লঘু H_2SO_4 দ্রবণে (22·7 − 10·2) = 12·5 সি. সি. জল যোগ করিয়া আয়তন 22·7 সি. সি. করিলে উহা সঠিক 0·1N মাত্রার হইবে। অতএব 400 সি. সি. লঘু H_2SO_4 দ্রবণে $\frac{12{\cdot}5 \times 400}{10{\cdot}2} = 490{\cdot}2$ সি. সি. জল যোগ করিলে দ্রবণটি সঠিক 0·1N H_2SO_4 হইবে।

১২। 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ Na_2CO_3. জলে দ্রবীভূত করিয়া 250 সি. সি দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। 50 সি. সি. এই দ্রবণে 30·4 সি. সি. 0·15 (N) HCl দ্রবণ যোগ করার পরও সম্পূর্ণ প্রশমনের জন্য 10 সি. সি. 0·12 (N) NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হইল। অবিশুদ্ধ Na_2CO_3 দ্রবণের নরম্যাল মাত্রা এবং এই নমুনায় বিশুদ্ধ Na_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

উত্তর: 10 সি. সি. 0·12(N) NaOH ≡ (10 × 0·12) = 1·2 সি. সি. (N)NaOH; আবার, 30·4 সি. সি. 0·15(N)HCl ≡ (30·4 × 0·15) = 4·56 সি. সি. (N)HCl.

∴ 50 সি. সি. অবিশুদ্ধ Na_2CO_3 দ্রবণ $\equiv (4.56 - 1.2) = 3.36$ সি. সি. (N)HCl. মনে করিলাম, Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা x;

অতএব $50 \times x = 3.36$ (N) ; অর্থাৎ $x = \frac{3.36}{50}$(N) $= 0.0672$ (N).

যেহেতু, Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= 53$ গ্রাম, অতএব ইহার 1 লিটার (N) দ্রবণে 53 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকিবে। কিন্তু দ্রবণের মাত্রা 0·0672 (N) বলিয়া ইহার 250 সি. সি. দ্রবণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ $= \frac{53 \times 0.0672 \times 250}{1000}$ $= 0.89004$ গ্রাম। ইহাই 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ Na_2CO_3 নমুনায় বর্তমান।

সুতরাং বিশুদ্ধ Na_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ $= 0.8904 \times 100 = 89.04\%$.

১৩। 1·08 গ্রাম NH_4Cl-কে 62 সি. সি. $\left(\frac{N}{2}\right)$ NaOH দ্রবণের সঙ্গে ফুটাইয়া সম্পূর্ণরূপে অ্যামোনিয়া দূরীভূত করিবার পর অতিরিক্ত ক্ষার প্রশমিত করিতে 44 সি. সি. $\left(\frac{N}{4}\right)$ HCl প্রয়োজন হইল। লবণটিতে অ্যামোনিয়ার শতকরা পরিমাণ কত ?

উত্তর : 44 সি. সি. $\left(\frac{N}{4}\right)$ HCl $\equiv (44 \times \frac{1}{4}) = 11$ সি. সি. (N) HCl ; আবার 62 সি. সি. $\left(\frac{N}{2}\right)$ NaOH $\equiv (62 \times \frac{1}{2}) = 31$ সি. সি. (N) NaOH. সুতরাং $(31 - 11) = 20$ সি. সি. (N) NaOH NH_4Cl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া সমস্ত NH_3 নির্গত করে। অর্থাৎ 20 সি. সি. N(NaOH) $\equiv$ 20 সি. সি. (N) NH_3.

যেহেতু অ্যামোনিয়া (NH_3)-র গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= 17$ গ্রাম ; অতএব 20 সি. সি. (N) NH_3 দ্রবণে $\frac{17 \times 20}{1000} = 0.34$ গ্রাম NH_3 বিদ্যমান।

সুতরাং 1·08 গ্রাম NH_4Cl-এ আছে 0·34 গ্রাম NH_3 ; অর্থাৎ উক্ত NH_4Cl লবণে NH_3-র শতকরা পরিমাণ $= \frac{0.34 \times 100}{1.08} = 31.48$.

১৪। 15 গ্রাম Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$-এর মিশ্রণ 250 সি. সি. জলে দ্রবীভূত করা হইল। ইহার 25 সি. সি. দ্রবণ 27 সি. সি. $\frac{N}{10}$ HCl দ্রবণকে প্রশমিত করিলে মিশ্রণের সংযুতি নির্ণয় কর।

উত্তর : 25 সি. সি. দ্রবণ $\equiv$ 27 সি. সি. $\frac{N}{10}$ HCl ; অতএব 250 সি. সি. দ্রবণ $\equiv$ 27 সি. সি. (N) HCl দ্রবণ।

মনে করিলাম, $NaHCO_3$-এর পরিমাণ x গ্রাম ; ∴ $Na_2CO_3 = (1.5 - x)$ গ্রাম। যেহেতু $NaHCO_3$ এবং $NaCO_3$-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 84 গ্রাম এবং 53 গ্রাম, অতএব x গ্রাম $NaHCO_3 \equiv \frac{1000x}{84}$ সি. সি. (N) HCl এবং $(1.5 - x)$

গ্রাম $Na_2CO_3 \equiv \frac{(1·5-x)\times 1000}{53}$ সি. সি. (N) HCl. সুতরাং মোট (N) HCl-এর পরিমাণ $=\frac{1000x}{84}+\frac{(1·5-x)\times 1000}{53}$ সি. সি.।

কিন্তু প্রশ্নানুসারে, $\frac{1000x}{84}+\frac{(1·5-x)\times 1000}{53}=27$; অর্থাৎ $x=0·187$ গ্রাম।

$\therefore$ $NaHCO_3=0·187$ গ্রাম এবং $Na_2CO_3=(1·5-0·187)=1·313$ গ্রাম।

১৫। 95% বিশুদ্ধ নমুনার 10 গ্রাম NaOH 200 সি. সি. জলে দ্রবীভূত করা হইল। এই দ্রবণে 1·5 (N) মাত্রার 50 সি. সি. HCl যোগ করিয়া মোট আয়তন 500 সি. সি. করিলে মিশ্রণটি আম্লিক না ক্ষারীয় হইবে? ইহার শক্তি নরম্যাল মাত্রায় নির্ণয় কর।

উত্তর : 10 গ্রাম 95% বিশুদ্ধ NaOH নমুনায় 9·5 গ্রাম NaOH আছে। এখন 50 সি. সি. 1·5 (N) HCl $\equiv$(50×1·5) বা 75 সি. সি. (N) HCl. যেহেতু HCl-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 36·5 গ্রাম; অতএব 75 সি. সি. (N) HCl দ্রবণে $\frac{36·5\times 75}{1000}$ $=2·7375$ গ্রাম HCl থাকে।

$NaOH+HCl=NaCl+H_2O$ হইতে পাই, 40 গ্রাম NaOH-এর সহিত 36·5 HCl বিক্রিয়া করিয়া প্রশমিত হয়। $\therefore$ 9·5 গ্রাম NaOH-এর সহিত বিক্রিয়ার জন্য $\frac{36·5\times 9·5}{40}=8·668$ গ্রাম HCl প্রয়োজন। অতএব দ্রবণে উদ্বৃত্ত NaOH থাকে; অর্থাৎ দ্রবণটি ক্ষারীয় হয়।

আবার 2·7375 গ্রাম HCl $\frac{40\times 2·7375}{36·5}=3·0$ গ্রাম NaOH-এর সহিত বিক্রিয়া করে। সুতরাং দ্রবণে (9·5−3·0)=6·5 গ্রাম NaOH উদ্বৃত্ত থাকে এবং দ্রবণের মোট আয়তন 500 সি. সি. হয়। অর্থাৎ 1000 সি. সি. দ্রবণে 13 গ্রাম NaOH থাকে। অতএব উৎপন্ন NaOH দ্রবণের মাত্রা $=\frac{13}{40}$ (N)=0·325 (N).

১৬। 10 সি. সি. 5% NaOH দ্রবণে 10 সি. সি. 5% HCl দ্রবণ যোগ করিলে মিশ্রণটি কি প্রশম হইবে? প্রশম না হইলে আম্লিক বা ক্ষারীয় মাত্রা কত?

উত্তর : 5% NaOH দ্রবণের প্রতি লিটারে 50 গ্রাম NaOH থাকে; অতএব 5% NaOH দ্রবণের মাত্রা $=\frac{50}{40}$ (N)=1·25 (N). আবার 5% HCl দ্রবণের প্রতি লিটারে 36·5 গ্রাম HCl থাকে; অতএব 5% HCl দ্রবণের মাত্রা $=\frac{50}{36·5}$ (N) $=1·37$ (N).

যেহেতু NaOH ও HCl উভয় দ্রবণের আয়তন 10 সি সি. এবং HCl-এর মাত্রা ক্ষার দ্রবণের মাত্রা অপেক্ষা বেশী, সেইজন্য মিশ্রণটি আম্লিক হইবে। এখন 10

সি.সি দ্রবণের আম্লিক মাত্রা $(1.37-1.25)=0.12$ N উদ্বৃত্ত থাকে। মিশ্রণটির মোট আয়তন $(10+10)=20$ সি. সি. বলিয়া উহার আম্লিক মাত্রা $\frac{1}{2}\times 0.12(N)$ $=0.06(N)$ হইবে।

১৭। দুইটি অ্যাসিড দ্রবণের একটির মাত্রা 0.1N এবং অপরটির মাত্রা 0.15N. এই দুইটি দ্রবণ আয়তনের কি অনুপাতে মিশাইলে মিশ্র দ্রবণের মাত্রা 0.115N হইবে?

উত্তর : মনে করিলাম, 0.1N অ্যাসিডের x সি. সি. এবং 0.15N অ্যাসিডের y সি. সি. মিশাইলে মিশ্র দ্রবণের মাত্রা 0.115N হয়। অতএব মিশ্র দ্রবণের মোট আয়তন $=(x+y)$ সি. সি.। এখন x সি. সি. 0.1N অ্যাসিড $\equiv(x\times .1)$ সি.সি.(N) অ্যাসিড $\equiv\frac{0.1x}{0.115}$ সি. সি. 0.115N অ্যাসিড। আবার y সি. সি. 0.15N অ্যাসিড $\equiv$ $(y\times 0.15)$ সি. সি. (N) অ্যাসিড $\equiv\frac{0.15y}{0.115}$ সি. সি. 0.115N অ্যাসিড।

সুতরাং প্রশ্ন অনুসারে, $(x+y)$ সি. সি. 0.115N অ্যাসিড মিশ্রণ

$$\equiv\left(\frac{0.1x}{0.115}+\frac{0.15y}{0.115}\right)\text{ সি. সি. 0.115N অ্যাসিড।}$$

$\therefore\ x+y=\frac{0.1x}{0.115}+\frac{0.15y}{0.115}$; অথবা $0.115(x+y)=0.1x+0.15y$;

অথবা, $(0.115-0.1)x=(0.15-0.115)y$; অথবা $0.015x=0.035y$;

অর্থাৎ $\frac{x}{y}=\frac{0.005}{0.015}=\frac{7}{3}$.

সুতরাং প্রথম ও দ্বিতীয় অ্যাসিডে দুইটিকে উহাদের আয়তনের 7 : 3 অনুপাতে মিশাইতে হইবে।

১৮। 20 সি. সি. H_2SO_4 দ্রবণ প্রশমিত করিতে 10 সি. সি. (N) Na_2CO_3 দ্রবণ প্রয়োজন হয়। 250 সি. সি. H_2SO_4-এর সহিত ম্যাগনেসিয়ামের বিক্রিয়ায় প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন H_2 পাওয়া যাইবে?

উত্তর : H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা x হইলে, $20\times x=10\times N$; অর্থাৎ $x=\frac{10}{20}(N)=0.5(N)$.

$Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$ হইতে পাই, 98 গ্রাম H_2SO_4 প্রমাণ অবস্থায় 22.4 লিটার H_2 নির্গত করে। আবার 98 গ্রাম $H_2SO_4\equiv1000$ সি. সি. (2N) H_2SO_4 দ্রবণ, কারণ H_2SO_4 এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 49 গ্রাম।

$\therefore$ 1000 সি. সি. (2N) $H_2SO_4\equiv22.4$ লিটার H_2 ; অতএব 250 সি. সি. 0.5(N) $H_2SO_4\equiv\frac{22.4\times250\times0.5}{1000\times2}=1.4$ লিটার H_2 (প্রমাণ অবস্থায়)।

১৯। অতিরিক্ত গাঢ় NaOH দ্রবণের সহিত নির্দিষ্ট পরিমাণ NH_4Cl ফুটাইয়া উৎপন্ন গ্যাস 4.9 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত 100 সি. সি. অ্যাসিড দ্রবণে শোষণ করিলে

দেখা যায় অ্যাসিডের কিয়দংশ প্রশমিত হইয়াছে এবং বাকী অ্যাসিড প্রশমিত করিতে 2·65 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত 50 সি. সি. দ্রবণের প্রয়োজন হয়। NH_4Cl-এর পরিমাণ নির্ণয় কর।

উত্তর : H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা $= \frac{4·9 \times 1000}{100 \times 49}$ (N) = 1(N) ; এবং Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $= \frac{2·65 \times 1000}{50 \times 53} = 1$ (N).

কিন্তু 50 সি. সি. (N) Na_2CO_3 দ্রবণ ≡ 50 সি. সি. (N) H_2SO_4 দ্রবণ। অতএব (100 − 50) = 50 সি. সি. (N)H_2SO_4 অ্যামোনিয়া শোষণ করে।

এখন 50 সি. সি. (N) H_2SO_4 দ্রবণ ≡ 50 সি. সি. (N) NH_3 দ্রবণ
≡ 50 সি. সি. (N) NH_4Cl দ্রবণ।

$NH_4Cl + NaOH = NaCl + H_2O + NH_3$ হইতে পাই, NH_4Cl-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক উহার গ্রাম-আণবিক ওজনের সমান = 53·5 গ্রাম। অতএব 50 সি. সি. (N) NH_4Cl দ্রবণে $\frac{53·5 \times 50}{1000} = 2·675$ গ্রাম NH_4Cl আছে।

সুতরাং NH_4Cl-এর গৃহীত পরিমাণ = 2·675 গ্রাম।

২০। 0·2815 গ্রাম $CaCO_3$ 30 সি. সি. (N) HNO_4 দ্রবণে দ্রবীভূত করিবার পর অতিরিক্ত অ্যাসিড প্রশমিত করিতে 24·43 সি. সি. (N) NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হয়। $CaCO_3$-এ কার্বন ডাই-অক্সাইডের শতকরা পরিমাণ গণনা কর।

উত্তর : 24·43 সি. সি. (N)NaOH ≡ 24·43 সি. সি. (N) HNO_3 দ্রবণ। অতএব (30 − 24·43) = 5·57 সি. সি. (N) HNO_3 উদ্বৃত্ত থাকে এবং ইহা $CaCO_3$-এর সহিত বিক্রিয়ায় CO_2 উৎপন্ন করে।

$CaCO_3 + 2HNO_2 = Ca(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$ হইতে পাই, CO_2-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক উহার গ্রাম-আণবিক ওজনের অর্ধেক $= \frac{1}{2} \times 44 = 22$ গ্রাম। অতএব 5·59 সি. সি. (N) HNO_3 ≡ 5·57 সি. সি. (N) CO_2 দ্রবণ $\equiv \frac{22 \times 5·57}{1000}$ = 0·12254 গ্রাম CO_2 ; এই পরিমাণ CO_2 0·2815 গ্রাম $CaCO_3$-এ বর্তমান।

সুতরাং $CaCO_3$-এ CO_2-এর শতকরা পরিমাণ $= \frac{0·12254}{0·2815} \times 100 = 43·53$.

২১। 0·1232 গ্রাম ধাতু 50 সি. সি. $\left(\frac{N}{2}\right)$ HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া 100 সি. সি. করা হইল। 20 সি. সি. এই দ্রবণ 30 সি. সি. $\left(\frac{N}{10}\right)$ ক্ষার দ্রবণ প্রশমিত করে। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত ?

উত্তর : এক্ষেত্রে ধাতুর সহিত HCl-এর বিক্রিয়ার পর অ্যাসিড উদ্বৃত্ত থাকে এবং ইহাই ক্ষার দ্রবণ প্রশমিত করে।

এখন 20 সি. সি. লঘু HCl দ্রবণ ≡ 30 সি. সি. $\left(\frac{N}{10}\right)$ ক্ষার দ্রবণ ; অতএব 100 সি. সি. HCl দ্রবণ ≡ $\left(\frac{30\times 5}{10}\right)$ সি. সি. বা 15 সি. সি. ক্ষার দ্রবণ ≡ 15 সি. সি. (N) HCl দ্রবণ।

আবার 50 সি.সি. $\left(\frac{N}{2}\right)$ HCl ≡ $50\times\frac{1}{2}=25$ সি. সি. (N) HCl. অতএব (25 − 15) = 10 সি. সি. (N) HCl-এর সহিত 0·1232 গ্রাম ধাতু বিক্রিয়া করে।

সুতরাং 1 লিটার (N)HCl-এর সহিত ক্রিয়াশীল ধাতুর পরিমাণ = 0·1232 × 100 = 12·32 গ্রাম। অর্থাৎ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার = 12·32.

২২। প্রতি লিটারে 4·74 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে এরূপ দ্রবণের 60 সি.সি. প্রশমিত করিতে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কি আয়তনের হাইড্রোজেন ক্লোরাইড লাগিবে ?

উত্তর : NaOH দ্রবণের মাত্রা = $\frac{4{\cdot}74}{40}$ (N) = 0·1185 N. অতএব 60 সি. সি. 0·1185 (N) NaOH দ্রবণ ≡ 60 সি. সি. 0·1184 (N) HCl দ্রবণ ≡ (60 × 0·1184) বা 7·104 সি. সি. (N) HCl দ্রবণ। যেহেতু HCl-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 36·5 গ্রাম, অতএব 7·104 সি. সি. (N) HCl দ্রবণে $\frac{36{\cdot}5}{1000}\times 7{\cdot}104$ = 0·2593 গ্রাম HCl আছে।

এখন প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 36·5 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন 22·4 লিটার হয়। সুতরাং 0·2593 গ্রাম HCl-এর আয়তন = $\frac{22{\cdot}4\times 0{\cdot}2593}{36{\cdot}5}$ = 0·1592 লিটার।

অতএব প্রমাণ অবস্থায় 0·1592 লিটার হাইড্রোজেন ক্লোরাইড লাগিবে।

২৩। 20 সি. সি. HCl দ্রবণ বিশুদ্ধ $CaCO_3$ হইতে প্রমাণ অবস্থায় 112 সি. সি. CO_2 নির্গত করে। অ্যাসিডের নরম্যাল মাত্রা কত ?

উত্তর : $CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$ হইতে পাই, প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার CO_2 ≡ 2 × 36·5 গ্রাম HCl ≡ 2 × 1000 সি. সি. (N) HCl. অতএব 112 সি. সি. CO_2 ≡ $\frac{2\times 1000\times 112}{22{\cdot}4\times 1000}$ = 10 সি.সি. (N) HCl ≡ 20 সি.সি. $\left(\frac{N}{2}\right)$ বা 0·5 N HCl. সুতরাং অ্যাসিডের মাত্রা = 0·5 N.

২৪। 2·25 গ্রাম অ্যাসিড জলে দ্রবীভূত করিয়া আয়তন 250 সি. সি. করা হইল। ইহার 25 সি. সি. দ্রবণ প্রশমিত করিতে 1·25 $\left(\frac{N}{10}\right)$ মাত্রার 40 সি. সি. ক্ষার দ্রবণের

প্রয়োজন হয়। অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার কত? অ্যাসিডের আণবিক ওজন 90 হইলে উহার ক্ষারগ্রাহিতা কত?

উত্তর : 25 সি. সি. লঘু অ্যাসিড দ্রবণ ≡ 40 সি. সি. 1·25 $\left(\frac{N}{10}\right)$ ক্ষার দ্রবণ

≡ $(40 \times 1{\cdot}25 \times \frac{1}{10})$ বা 5 সি. সি. (N) ক্ষার দ্রবণ।

এখন অ্যাসিডের মাত্রা x হইলে, $25 \times x = 5 \times N$; অর্থাৎ $x = \frac{5}{25}$ (N) = 0·2 (N). আবার অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার E হইলে, 250 সি. সি. 0·2 (N) অ্যাসিডে $\frac{E \times 250 \times 0{\cdot}2}{1000} = 0{\cdot}05 \times E$ গ্রাম অ্যাসিড আছে। কিন্তু দ্রবণে 2·25 গ্রাম অ্যাসিড দ্রবীভূত আছে।

∴ $0{\cdot}05 \times E = 2{\cdot}25$; অর্থাৎ $E = \frac{2{\cdot}25}{0{\cdot}05} = 45$.

সুতরাং অ্যাসিডের ক্ষার-গ্রাহিতা $= \frac{\text{গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{গ্রাম-তুল্যাঙ্ক}} = \frac{90}{45} = 2$.

২৫। প্রতি লিটারে 4 গ্রাম HCl দ্রবীভূত আছে, এরূপ 25 সি. সি. দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 21 সি. সি. ক্ষার দ্রবণ প্রয়োজন। প্রতি লিটার দ্রবণে 4·83 গ্রাম ক্ষার দ্রবীভূত থাকিলে ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার কত?

উত্তর : HCl অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা $= \frac{4}{36{\cdot}5}$ (N)। এখন ক্ষার দ্রবণের মাত্রা x হইলে, $25 \times \frac{4}{36{\cdot}5}$ (N) $= 21 \times x$; অর্থাৎ $x = \frac{25 \times 4}{26{\cdot}5 \times 21}$ (N) = 0·1305 (N)

এখন ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার E হইলে, ক্ষারের নরম্যাল মাত্রা $= \frac{4{\cdot}83}{E}$ (N)। অতএব $\frac{4{\cdot}83}{E}$ (N) = 0·1305 (N); অর্থাৎ $E = \frac{4{\cdot}83}{0{\cdot}1305} = 37{\cdot}01$.

সুতরাং ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার = 37·01.

অনুশীলনী—৫

১। 25 সি. সি. NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 25·6 সি. সি. (N) H_2SO_4 প্রয়োজন হয়। NaOH দ্রবণের শক্তি নরম্যাল মাত্রা এবং লিটার-প্রতি গ্রাম ওজন হিসাবে প্রকাশ কর।

[উঃ 1·024 N ; 40·96 গ্রাম]

২। 20 সি. সি. (N) HCl এবং 60 সি. সি. (N/2) H_2SO_4-এর মিশ্রণকে 0·33(N)KOH দ্রবণের সাহায্যে প্রশমিত করিতে কি পরিমাণ ক্ষার দ্রবণের প্রয়োজন হইবে? [উঃ 151·5 সি. সি.]

৩। 1·10 আপেক্ষিক গুরুত্বের HCl দ্রবণে ওজন হিসাবে 20·2% অ্যাসিড আছে। 20·5 সি. সি. (N) NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করিতে কি পরিমাণ অ্যাসিডের প্রয়োজন? [উঃ 3·53 সি. সি.]

৪। 1·17 আপেক্ষিক গুরুত্বের 100 গ্রাম HCl দ্রবণে 33·4 গ্রাম HCl আছে। প্রতি সি. সি.-তে 0·042 গ্রাম NaOH আছে এরূপ 5 লিটার NaOH দ্রবণ প্রশমিত করিতে কত লিটার HCl-এর প্রয়োজন হইবে? [উঃ 0·4907 লিটার]

৫। 50 সি. সি. (N/2) H_2SO_4 দ্রবণে 100 সি. সি. (N/5) Na_2CO_3 দ্রবণ ঢালিলে মিশ্রণটি কি আম্লিক বা ক্ষারীয় হইবে? ইহার নরম্যাল মাত্রা গণনা কর। [উঃ আম্লিক ; 0·033N]

৬। 10 সি. সি. Na_2CO_3 দ্রবণ 12·5 সি. সি. (N/10) H_2SO_4 দ্রবণকে প্রশমিত করে। Na_2CO_3 দ্রবণের এক লিটারে কত জল মিশাইলে উহার মাত্রা সঠিক ডেসি-নরম্যাল হইবে? [উঃ 250 সি. সি.]

৭। 1·524 গ্রাম NH_4Cl-কে 50 সি. সি. (N) KOH-এর সঙ্গে ফুটাইয়া সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া দূরীভূত হইলে অতিরিক্ত ক্ষার প্রশমিত করিতে 30·95 সি. সি. (N) H_2SO_4 প্রয়োজন হয়। লবণটিতে অ্যামেনিয়ার শতকরা পরিমাণ কত? [উঃ 21·3%]

৮। 0·475 গ্রাম Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$ মিশ্রণের জলীয় দ্রবণকে 0·5(N) H_2SO_4 দ্বারা সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে 15 সি. সি. অ্যাসিড প্রয়োজন হয়। মিশ্রণে Na_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ কত?

[উঃ 56·46%]

৯। 1·216 গ্রাম $(NH_4)_2SO_4$ অতিরিক্ত ক্ষারের সহিত ফুটাইয়া উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে 100 সি. সি (N)H_2SO_4 দ্রবণে সংগ্রহ করা হইল। এই আংশিক প্রশমিত অ্যাসিড দ্রবণ 81·6 সি. সি. (N) NaOH-এর সহিত সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত হইলে অ্যামোনিয়ার শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

[উঃ 25·72%]

১০। 0·21 গ্রাম ধাতু 100 সি. সি. 0·5 (N) HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করা হইল। অতিরিক্ত অ্যাসিড প্রশমিত করিতে (N) মাত্রার 32·5 সি. সি. NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত?

] উঃ. 12·0]

১১। একটি অ্যাসিডের 0·382 গ্রাম 0·126 (N) মাত্রার 18·2 সি. সি. NaOH দ্রবণ প্রশমিত করে। অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 166·59]

১২। 0·3363 গ্রাম ধাতু 73 সি. সি. পাতিত জলে যোগ করিলে 27°C উষ্ণতায় ও 720 মি. মি. চাপে 190 সি. সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং দ্রবণটি ক্ষারীয় হয়। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার এবং দ্রবণের মাত্রা গণনা কর। [উঃ 22·84 ; 0·202N]

১৩। একটি মার্বেল পাথরের নমুনায় 60% $CaCO_3$ আছে। এক লিটার (N)NaOH দ্রবণকে Na_2CO_3-এ রূপান্তরিত করিতে প্রয়োজনীয় CO_2 কি পরিমাণ মার্বেল পাথর হইতে পাওয়া যাইবে গণনা কর। [উঃ 8·33 গ্রাম]

১৪। Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$ মিশ্রণের 1·48 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 সি. সি. করা হইল। ইহার 25 সি. সি. প্রশমিত করিতে 20·85 সি. সি. 0·12(N) H_2SO_4 প্রয়োজন হইলে মিশ্রণের সংযুতি নির্ণয় কর। [উঃ Na_2CO_3-71·6% ; $NaHCO_3$-28·4%]

১৫। 1·3456 গ্রাম Na_2CO_3 জলে দ্রবীভূত করিয়া 250 সি. সি. আয়তন করা হইল। 25 সি. সি. ক্ষার দ্রবণ 24·85 সি. সি. H_2SO_4 দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করে। (i) ক্ষার দ্রবণ, (ii) অ্যাসিড দ্রবণ এবং (iii) উৎপন্ন Na_2SO_4-এর পরিমাণ গণনা কর। [উঃ 0·1016N ; 0·1022N ; 0·1803 গ্রাম]

সপ্তম অধ্যায় | তড়িৎ-বিশ্লেষণ

প্রশ্ন : ৭১। সংজ্ঞা লিখ :—(ক) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য, (খ) তড়িৎ-দ্বার—অ্যানোড ও ক্যাথোড, (গ) আয়ন—ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন, (ঘ) কুলম্ব, (ঙ) ফ্যারাডে।

উত্তর : (ক) **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য**—যে সকল পদার্থ দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণ করিতে পারে এবং তড়িৎ-প্রবাহের ফলে নিজেরা বিয়োজিত হইয়া নূতন পদার্থ উৎপন্ন করে, তাহাদিগকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বলে। অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ। H_2SO_4, NaOH ও NaCl-এর জলীয় দ্রবণ বা গলিত NaOH ও NaCl তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের উদাহরণ।

(খ) **তড়িৎ-দ্বার : অ্যানোড** ও **ক্যাথোড**—কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিবার জন্য উহার জলীয় বা বিগলিত দ্রবণকে একটি পাত্রে রাখিয়া দ্রবণের ভিতর দুইটি ধাতব (প্লাটিনাম, কপার) বা তড়িৎ-পরিবাহী অধাতব (গ্যাস কার্বন) দণ্ড বা পাত আংশিক ডুবাইয়া রাখা হয়। দণ্ড দুইটি তামার তারের সাহায্যে ব্যাটারীর পরা (+) এবং অপরা (−) মেরুর সহিত যুক্ত করিলে দ্রবণের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এই দণ্ড দুইটি, যাহার মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে প্রবেশ করে এবং উহা হইতে বাহির হইয়া আসে, উহাদের তড়িৎ-দ্বার বলে। ব্যাটারীর পরা মেরুর সহিত যুক্ত তড়িৎ-দ্বারকে অ্যানোড এবং অপরা মেরুর সহিত যুক্ত তড়িৎ-দ্বারকে ক্যাথোড বলে। তড়িৎ অ্যানোড-দ্বার দিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে প্রবেশ করে এবং তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া ক্যাথোড-দ্বার দিয়া পুনরায় ব্যাটারীতে ফিরিয়া যায়।

(গ) **আয়ন : ক্যাটায়ন** ও **অ্যানায়ন**—তড়িৎযুক্ত পরমাণু বা মূলককে আয়ন বলে। অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ প্রভৃতি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য জলীয় দ্রবণে বা বিগলিত অবস্থায় বিয়োজিত হইয়া দুই বিপরীত-ধর্মী পরা ও অপরা তড়িৎযুক্ত কণা সৃষ্টি করে। এই তড়িৎযুক্ত কণাই আয়ন। পরা-তড়িৎযুক্ত পরমাণু বা মূলককে 'ক্যাটায়ন' এবং অপরা-তড়িৎযুক্ত পরমাণু বা মূলককে 'অ্যানায়ন' বলে। ধাতুগুলি ও হাইড্রোজেন ক্যাটায়ন গঠন করে এবং অধাতু ও অ্যাসিড মূলক অ্যানায়ন গঠন করে। তড়িৎ প্রবাহকালে ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোডে এবং অ্যানায়নগুলি অ্যানোডে মুক্ত হয়।

$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+$ (ক্যাটায়ন) $+ SO_4^{=}$ (অ্যানায়ন)

$NaOH \rightleftharpoons Na^+$ (ক্যাটায়ন) $+ OH^-$ (অ্যানায়ন)

$NaCl \rightleftharpoons Na^+$ (ক্যাটায়ন) $+ Cl^-$ (অ্যানায়ন)

আয়নের তড়িৎশক্তির মাত্রা উহার যোজ্যতার উপর নির্ভর করে। যেমন Na^+, Ca^{++}, Al^{+++}, Cl^-, $SO_4^{=}$, $PO_4^{\equiv}$. প্রভৃতি।

(ঘ) **কুলম্ব**—তড়িৎ পরিমাপের এককে কুলম্ব বলে। যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহে যথাযথ দ্রবণ হইতে 0·0000104 গ্রাম H_2 বা 0·001118 গ্রাম Ag তড়িৎ-দ্বারে মুক্ত হয় তাহাকে কুলম্ব বলে। কোন বর্তনীর মধ্য দিয়া এক অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহ এক সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত হইলে মোট তড়িতের পরিমাণ এক কুলম্ব হয়।
$\therefore$ কুলম্ব (Q) = অ্যাম্পিয়ার (C) × সেকেণ্ড (t)।

(ঙ) **ফ্যারাডে**—তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে যে-কোন মৌলের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক উৎপন্ন করিতে একই পরিমাণ তড়িতের প্রয়োজন হয়। এই তড়িতের পরিমাণ 96540 কুলম্ব। ইহাকেই এক ফ্যারাডে বলে। অতএব, যে-কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করিলে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ওজনে আয়ন বা মৌল তড়িৎ-দ্বারে মুক্ত হয় তাহাকে এক ফ্যারাডে বলে। যেমন অ্যাসিডযুক্ত জল অথবা $AgNO_3$ দ্রবণের ভিতর দিয়া এক ফ্যারাডে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করিলে প্রায় 1 গ্রাম H_2, 8 গ্রাম O_2 ও 108 গ্রাম Ag বিভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন হয়।

প্রশ্ন : ৭২। (ক) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কাহাকে বলে ? তড়িৎ-পরিবাহীর সহিত উহার প্রভেদ কোথায় ? উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও। (খ) তড়িৎ-বিশ্লেষণ বলিতে কি বুঝায় ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : (ক) **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য**—১১ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

যে সকল পদার্থ তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম তাহাদিগকে তড়িৎ-পরিবাহী বলে। তড়িৎ-পরিবাহী পদার্থগুলিকে প্রকৃতি অনুযায়ী দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। ধাতব পদার্থ-গুলি ও গ্যাস-কার্বন তড়িৎ পরিবহন করে কিন্তু তড়িৎ পরিবহনকালে উহাদের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না; শুধুমাত্র উহারা কতকগুলি ভৌত ধর্ম লাভ করে যাহা তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধের সঙ্গেই লোপ পায়। ইহাদিগকে তড়িৎ-পরিবাহী বলে। কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি গলিত বা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম এবং তড়িৎ পরিবহণকালে উহাদের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে; ফলে উহারা বিয়োজিত হইয়া নূতন পদার্থ উৎপন্ন করে। কঠিন অবস্থায় ইহাদের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ।

(খ) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ**—দ্রবীভূত বা গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহের ফলে উহার যে বিয়োজন তথা রাসায়নিক বিশ্লেষণ ঘটে, সেই সম্পূর্ণ পদ্ধতিকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ বলে। যেমন গলিত NaCl-এর মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু এবং অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন করে। এইভাবে তড়িৎ প্রবাহের সাহায্যে NaCl হইতে সোডিয়াম ও ক্লোরিন উৎপাদন প্রক্রিয়াকে NaCl-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণ বলা হয়।

$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$; ক্যাথোডে, $Na^+ + e = Na$.

অ্যানোডে, $Cl^- - e = Cl$; $2Cl = Cl_2$.

ব্যাখ্যা—গলিত বা জলে দ্রবীভূত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে দুইটি তড়িৎ-দ্বার আংশিক ডুবাইয়া পরিবাহী তামার তারের সাহায্যে উহার একটিকে ব্যাটারীর পরা (+) মেরুর

সহিত এবং অপরটিকে অপরা (+) মেরুর সহিত যুক্ত করিলে তড়িৎ-দ্বার দুইটি যথাক্রমে অ্যানোডে ও ক্যাথোডে পরিণত হয়। তড়িৎ প্রবাহ চালাইলে তড়িৎ অ্যানোড দিয়া দ্রবণে প্রবেশ করে ও দ্রবণের ভিতর দিয়াই অ্যানোড হইতে ক্যাথোডের দিকে প্রবাহিত হয় এবং পরিশেষে ক্যাথোড হইতে নির্গত হয়।

তড়িৎ-প্রবাহের দ্বারা বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন ধাতব মৌল ও হাইড্রোজেন ক্যাটায়নগুলি স্বাভাবিক আকর্ষণেই বিপরীতধর্মী ক্যাথোডের দিকে চলিতে থাকে এবং ইহার সংস্পর্শে আসিবামাত্র ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া তড়িৎ-উদাসীন পরমাণুতে পরিণত হয়। অপরদিকে, একই সময়ে অধাতব মৌল ও মূলকের অ্যানায়নগুলি একই কারণে অ্যানোডের দিকে চলিতে থাকে এবং ইহার সংস্পর্শে আসিয়া অতিরিক্ত ইলেক্ট্রন অ্যানোডকে দান করিয়া প্রথমে তড়িৎ-উদাসীন পরমাণু কিংবা মূলকে পরিণত হয়; পরে দুইটি অধাতব পরমাণু মিলিয়া অণু গঠন করে কিংবা একাধিক মূলক নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করে। এইরূপে তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন পদার্থ কেবলমাত্র তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন হয়।

প্রশ্ন : ৭৩। (ক) তড়িৎ-বিয়োজনবাদ সম্বন্ধে একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। (খ) আয়নীভবন কাহাকে বলে? তীব্র ও ক্ষীণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে প্রভেদ কি? পূর্ণ লঘু অবস্থা বলিতে কি বুঝায়? (গ) মৌলের আয়ন ও উহার পরমাণুর মধ্যে পার্থক্য কি?

উত্তর : (ক) **তড়িৎ-বিয়োজনবাদ**—অ্যাসিড, ক্ষার, লবণ প্রভৃতি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য গলাইলে অথবা জলে বা কোন আয়নীকরণ মাধ্যমে দ্রবীভূত করিলে উহাদের অণুগুলির একাংশ স্বতঃস্ফূর্তভাবে দুই বিপরীতধর্মী তড়িৎযুক্ত আয়নে বিয়োজিত হয়। উৎপন্ন আয়নগুলি অবশিষ্ট অণুর সহিত সর্বদাই সাম্য অবস্থায় থাকে; এইভাবে উভমুখী প্রক্রিয়ায় আয়ন ও অণুর মধ্যে সমতা রক্ষা হয়। এই ঘটনাকে তড়িৎ-বিয়োজন বলে। বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন আয়নের যে-কোন একটিকে দ্রবণ হইতে পৃথক করা যায় না। যেমন গলিত অবস্থায় সোডিয়াম ক্লোরাইড বিয়োজিত হইয়া পরা-তড়িৎযুক্ত Na^+ আয়ন (ক্যাটায়ন) ও অপরা তড়িৎযুক্ত Cl^- আয়ন (অ্যানায়ন) উৎপন্ন করে: $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$. সেইরূপ $CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{=}$; $FeCl_3 \rightleftharpoons Fe^{+++} + 3Cl^-$ ইত্যাদি। বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সংখ্যা সমান না-ও হইতে পারে কিন্তু ক্যাটায়নগুলির ও অন্যান্য আনায়নগুলির মোট তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ সর্বদাই সমান হয়, কারণ দ্রবণ সামগ্রিকভাবে তড়িৎ-নিরপেক্ষ।

এই তড়িৎ-বিয়োজনের মাত্রা দ্রবণের গাঢ়ত্ব, উষ্ণতা, দ্রবণে অপর আয়নের উপস্থিতি এবং সর্বোপরি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ও আয়নীকরণ মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। দ্রবণ যত লঘু হইতে থাকে উহার বিয়োজন মাত্রা তত বেশী হয় এবং অবশেষে দ্রবণের পূর্ণ লঘু অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের সমস্ত অণুই আয়নে বিশ্লিষ্ট হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধিতে সাধারণতঃ বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধি পায়।

তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর শুধুমাত্র আয়নগুলিই তড়িৎ পরিবহণ করে, অবশিষ্ট অণুগুলি

তড়িৎ পরিবহণে কোনরূপ অংশ গ্রহণ করে না। দ্রবণ লঘু করিলে আয়নীভবন বেশী হয় এবং দ্রবণের তড়িৎ পরিবহণ ক্ষমতাও বৃদ্ধি পায়। ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নগুলি স্বাভাবিক আকর্ষণেই দ্রবণের ভিতর দিয়া চলিয়া বিপরীত-ধর্মী ক্যাথোড ও অ্যানোডের সংস্পর্শে আসিয়া প্রশমিত হয় এবং পরিশেষে মুক্তি লাভ করে। সেইজন্য তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন পদার্থ শুধু তড়িৎ-দ্বারে পাওয়া যায়।

(খ) **আয়নীভবন**—দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের অণুগুলির একাংশ স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিয়োজিত হইয়া ধনাত্মক ও ঋণাত্মক এই দুই বিপরীত-ধর্মী তড়িৎযুক্ত কণায় পরিণত হয়। এই তড়িৎযুক্ত কণাকে আয়ন বলে ; ধনাত্মক তড়িৎ-যুক্ত আয়নকে ক্যাটায়ন এবং ঋণাত্মক তড়িৎযুক্ত আয়নকে অ্যানায়ন বলে। পদার্থের অণুর এই প্রকার বিপরীত তড়িৎযুক্ত কণায় বিয়োজনকে আয়নীভবন বলা হয়।

সকল তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের আয়নীভবনের ক্ষমতা সমান নয়। HCl, HNO_3, $NaOH$, KOH, $NaCl$ প্রভৃতি পদার্থ জলে দ্রবীভূত করিলে উহাদের প্রায় সমস্ত অণুই আয়নিত হয় ; ইহাদিগকে তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বলে। অপরদিকে CH_3COOH, NH_4OH প্রভৃতি জলীয় দ্রবণে আংশিকভাবে আয়নিত হয় ; ইহাদিগকে ক্ষীণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বলে। এইরূপ ক্ষেত্রে উৎপন্ন আয়নগুলি এবং অবিয়োজিত অণুর মধ্যে সর্বদাই সাম্যাবস্থা বজায় থাকে।

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+ \;;\; NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

ইহাদের বিয়োজন মাত্রা গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে। সাধারণতঃ যে কোন দ্রবণের ক্ষেত্রে লঘুতা যত বাড়ে, উহার বিয়োজন তত বেশী হয় ; ফলে দ্রবণের পরিবহণ ক্ষমতাও বৃদ্ধি পায়। এমন-কি দ্রবণ খুব বেশী লঘু করিলে সমস্ত অণুই আয়নে বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে ; এইরূপ লঘু অবস্থাকে পূর্ণ লঘু অবস্থা বলে।

(গ) মৌলিক পদার্থের পরমাণু ও উহার আয়নের ধর্ম ও ব্যবহার সম্পূর্ণ বিভিন্ন হয়। আয়নগুলি তড়িৎযুক্ত কণা ; ইহারা ধনাত্মক বা ঋণাত্মক তড়িৎ বহণ করে। কিন্তু পরমাণু তড়িৎ-নিরপেক্ষ। গলিত বা জলীয় দ্রবণে বিয়োজনের ফলে আয়ন উৎপন্ন হয় এবং ইহার অস্তিত্ব দ্রবণের মধ্যেই সীমাবদ্ধ থাকে ; দ্রবণ হইতে আয়ন পৃথক করা যায় না। কিন্তু পরমাণু মৌলের ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য কণা ; ইহার স্বাধীন সত্বা নাই, একমাত্র রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় পরমাণু উৎপন্ন হয় এবং বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে। আয়নের সহিত জলের কোন ক্রিয়া নাই কিন্তু পরমাণু জলের সহিত বিক্রিয়া করিতে পারে ; যথা Na^+, Cl^- আয়ন এবং Na ও Cl পরমাণু।

প্রশ্ন : ৭৪। ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র বিবৃত কর। এই সূত্র হইতে (i) তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা নির্ধারণ কর এবং (ii) রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

উত্তর : তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র : প্রথম সূত্র—কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহ চালনা করিলে প্রত্যেক তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন পদার্থের (আয়ন বা মৌল) পরিমাণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে প্রবাহিত মোট তড়িতের সমানুপাতিক। অর্থাৎ Q কুলম্ব

তড়িৎ প্রবাহের ফলে তড়িৎ-দ্বারে W গ্রাম পদার্থ উৎপন্ন হইলে, $W \propto Q$, অথবা $W = Z.Q$, Z = একটি ধ্রুবক বা নিত্য-সংখ্যা।

সাধারণতঃ C অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ t সেকেণ্ড সময়ে এই Q কুলম্ব পরিমাপের তড়িৎ সৃষ্টি করে বলিয়া $Q = C \times t$ হয়। অতএব $W = Z.C.t.$।

দ্বিতীয় সূত্র—বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া একই পরিমাপের তড়িৎ প্রবাহিত হইলে বিভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন আয়ন বা মৌলের ওজন উহাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক থাকে। অর্থাৎ তড়িৎ-বিশ্লেষণে E রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বিশিষ্ট কোন মৌলের W গ্রাম মোক্ষিত হইলে, সূত্রানুসারে $W \propto E$ হয়। যেমন, বিভিন্ন ভল্টামিটারে যথাক্রমে অ্যাসিডযুক্ত জল, গাঢ় HCl, $AgNO_3$ দ্রবণ ও $CuSO_4$ দ্রবণ লইয়া উহাদের শ্রেণীসজ্জায় সাজাইয়া উহাদের মধ্য দিয়া ব্যাটারী হইতে একই সময়ের জন্য একই মাত্রায় তড়িৎ-প্রবাহ অর্থাৎ সম-পরিমাণ তড়িৎ চালাইলে বিভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে যথাক্রমে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন, সিলভার ও কপার বিভিন্ন পরিমাণে সঞ্চিত হইলেও উক্ত ওজনগুলির অনুপাত 1 : 8 : 35·5 : 108 : 31·75 হয়। কারণ উপরোক্ত সংখ্যাগুলি যথাক্রমে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন, সিলভার ও কপারের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্দেশ করে।

(i) **তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক**—তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রথম সূত্র হইতে পাই. $W = Z.Ct.$ এখন $C = 1$ এবং $t = 1$ হইলে, $Q = 1$ কুলম্ব হয়। অতএব এক কুলম্ব তড়িৎ অর্থাৎ এক অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ এক সেকেণ্ড সময় পরিচালিত করিলে $W = Z \times 1 \times 1 = Z$ গ্রাম হয়। এক্ষেত্রে Z = এক একক তড়িৎ দ্বারা উৎপন্ন আয়ন বা মৌলের পরিমাণ বুঝায়। Z ধ্রুবক হইলেও ইহার মান বিভিন্ন পদার্থের ক্ষেত্রে বিভিন্ন হয়। এই ধ্রুবক Z-কে তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বা সংক্ষেপে E.C.E. বলা হয়। অতএব তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া এক কুলম্ব তড়িৎ অর্থাৎ এক অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ এক সেকেণ্ড ধরিয়া পরিচালিত করিলে যত গ্রাম পরিমাণ আয়ন বা মৌল তড়িৎ-দ্বারে মোক্ষিত হয় তাহাকে সেই মৌলের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলে। যেমন এক কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহে $AgNO_3$ দ্রবণ হইতে 0·001118 গ্রাম সিলভার ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। সুতরাং সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (E.C.E.) = 0·001118 গ্রাম। সেইরূপ, হাইড্রোজেনের E.C.E. = 0·0000104 গ্রাম।

(ii) **রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সম্পর্ক**—একই পরিমাণ Q কুলম্ব তড়িৎ পরিচালিত করিলে যদি A ও B দুইটি মৌলের W_a ও W_b গ্রাম দুই তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন হয় এবং মৌল দুইটির তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (E.C.E.) যদি Z_a ও Z_b হয়, তবে ফ্যারাডের প্রথম সূত্র অনুসারে $W_a = Z_a \times Q$ এবং $W_b = Z_b \times Q$; অতএব $\frac{W}{W_b} = \frac{Z_a}{Z_b}$.

আবার মৌল দুইটির রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (C.E.) যদি E_a ও E_b হয়, তবে ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র অনুসারে, $W_a \propto E_a$ এবং $W_b \propto E_b$; অতএব $\frac{W_a}{W_b} = \frac{E_a}{E_b}$.

সুতরাং $\frac{W_a}{W_b}=\frac{E_a}{E_b}=\frac{Z_a}{Z_b}$; অর্থাৎ $\frac{\text{A মৌলের C.E.}}{\text{B মৌলের C.E.}}=\frac{\text{A মৌলের E.C.E.}}{\text{B মৌলের E.C.E.}}$.

ইহাই কোন মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে। এখন যে-কোন একটি মৌল হাইড্রোজেন হইলে উহার রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক =1 এবং তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 0·0000104 গ্রাম হয়।

$\therefore\ \frac{E_a}{1}=\frac{Z_a}{0{\cdot}0000104}$; সুতরাং $Z_a=E_a\times 0{\cdot}0000104$ গ্রাম।

অতএব মৌলের E.C.E. = মৌলের C.E. × 0·0000104 গ্রাম।

প্রশ্ন : ৭৫। (ক) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সম্পর্কিত সূত্র দুইটি বিবৃত কর এবং উহাদিগকে একটি সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ কর। (খ) তড়িৎ বিশ্লেষণের কয়েকটি প্রয়োগ উল্লেখ কর। (গ) সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·001118 গ্রাম—ইহার অর্থ কি ?

উত্তর : (ক) **তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্র**—১৪ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

দ্বিতীয় অংশ—মনে করিলাম, কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া Q কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহিত করিলে E রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বিশিষ্ট একটি মৌলের W গ্রাম তড়িৎ-দ্বারে সঞ্চিত হয়। অতএব, প্রথম সূত্রানুযায়ী $W\propto Q$, যখন E অপরিবর্তিত থাকে ; এবং দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী $W\propto E$, যখন Q অপরিবর্তিত থাকে।

সুতরাং সূত্র দুইটি একত্র করিলে, $W\propto Q.E$, যখন Q এবং E পরিবর্তিত হয়। অতএব $W=k.E\,Q$; অথবা $Q=\frac{W}{k.E}$, k = ধ্রুবক। এখন তড়িৎ-দ্বারে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক মৌল উৎপন্ন হইলে, W = E হয় ; অর্থাৎ $Q=\frac{1}{k}$ = নির্দিষ্ট পরিমাণ। অতএব এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক কোন মৌল মোক্ষিত করিতে নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ Q কুলম্ব সর্বদা তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিতে হয়। পরীক্ষালব্ধ Q-এর মান সর্বদা 96540 কুলম্ব বাহির হয় ; ইহাই বৃহত্তর একক ফ্যারাডে (F) নামে প্রচলিত।

(খ) **তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রয়োগ**—সাধারণতঃ তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে (i) তড়িৎ-লেপন, (ii) তড়িৎ-ছাঁচ প্রস্তুতকরণ, এবং (iii) ধাতু নিষ্কাশন ও পরিশোধন করা হয়। ইহা ছাড়া ক্লোরিন, পটাসিয়াম ক্লোরেট, কষ্টিক সোডা, সোডিয়াম কার্বনেট প্রভৃতির পণ্য উৎপাদনে এবং রাসায়নিক বিশ্লেষণ তথা বিভিন্ন ধাতুর ওজন ও তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(গ) সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·001118 গ্রাম বলিলে বুঝায় যে, সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্য দিয়া এক কুলম্ব তড়িৎ পরিচালিত করিলে ক্যাথোডে 0·001118 গ্রাম সিলভার সঞ্চিত হয়।

প্রশ্ন : ৭৬। তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে কিভাবে মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায় তাহা লিখ।

উত্তর : পরীক্ষা—একটি কপার ভল্টামিটার এবং একটি সিলভার ভল্টামিটার রোধ ও অ্যাম্‌মিটারের মাধ্যমে ব্যাটারী ও চাবির সঙ্গে শ্রেণীসজ্জায় যুক্ত করা হয়। কপার ভল্টামিটারে দুইটি তামার পাত লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত $CuSO_4$ দ্রবণে এবং সিলভার ভল্টামিটারে দুইটি প্লাটিনাম পাত লঘু HNO_3 মিশ্রিত $AgNO_3$ দ্রবণে ডুবানো থাকে। কপার ভল্টামিটারের ক্যাথোড পাতটি ভালভাবে পাতিত জল দ্বারা ধৌত করিয়া পরিষ্কার করার পর উত্তপ্ত বায়ু-চুল্লীতে রাখিয়া শুষ্ক করা হয়। পরে শীতল হইলে তুলাযন্ত্রে কপার ক্যাথোডের সঠিক ওজন লওয়া হয়। একইভাবে সিলভার ভল্টামিটারের প্লাটিনাম ক্যাথোডের সঠিক ওজন লওয়া হয়। এইবার ক্যাথোড পাত দুইটি ভল্টামিটার দুইটির যথাস্থানে রাখিয়া চাবি টিপিয়া বর্তনী সম্পূর্ণ করিয়া নির্দিষ্ট সময় ব্যাপিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে কপার ও প্লাটিনাম ক্যাথোড দুইটির উপর যথাক্রমে কপারের লাল আস্তরণ ও সিলভারের সাদা আস্তরণ সমান ভাবে পড়ে। অতঃপর তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করিয়া ক্যাথোড পাত দুইটি তুলিয়া পাতিত জলে ধৌত করা হয় এবং সাবধানে বুনসেন শিখায় শুষ্ক করিবার পর শীতল হইলে ক্যাথোড পাত দুইটির সঠিক ওজন লওয়া হয়।

গণনা—তড়িৎ প্রবাহিত করিবার পূর্বে কপার ক্যাথোডের ওজন $= a$ গ্রাম এবং প্লাটিনাম ক্যাথোডের ওজন $= x$ গ্রাম। কিন্তু তড়িৎ প্রবাহিত করিবার পরে কপার ক্যাথোডের ওজন $= b$ গ্রাম এবং প্লাটিনাম ক্যাথোডের ওজন $= y$ গ্রাম।

অতএব ক্যাথোডে সঞ্চিত কপারের ওজন $= (b-a)$ গ্রাম এবং সঞ্চিত সিলভারের ওজন $= (y-x)$ গ্রাম। যেহেতু একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহের ফলে এই ওজনের কপার এবং সিলভার সঞ্চিত হয়, সুতরাং ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী

$$\frac{\text{কপারের তুল্যাঙ্কভার}}{\text{সিলভারের তুল্যাঙ্কভার}} = \frac{\text{সঞ্চিত কপারের ওজন}}{\text{সঞ্চিত সিলভারের ওজন}} = \frac{b-a}{y-x}.$$

এখন সিলভারের তুল্যাঙ্কভার 107·88 ধরিয়া এই সমীকরণ হইতে কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়। অথবা, কপারের তুল্যাঙ্কভার জানা থাকিলে সিলভারের তুল্যাঙ্কভার বাহির করা যায়।

প্রশ্ন : ৭৭। (ক) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা ও তড়িৎ-বিশ্লেষণের ক্রিয়া-পদ্ধতির আয়নীয় ব্যাখ্যা দাও। (খ) সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ তড়িৎ পরিবহণ করিতে পারে কিন্তু চিনির দ্রবণ পারে না কেন? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : (ক) ১২ (খ) নং প্রশ্নের উত্তর লিখিয়া পরে যোগ কর—

তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের অণুর বিয়োজনের ফলে পরা তড়িৎযুক্ত ক্যাটায়ন ও অপরা তড়িৎযুক্ত অ্যানায়নের সৃষ্টি হয়। এইভাবে উদ্ভূত ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের তড়িৎশক্তির প্রভাবে বিপরীতমুখী ক্যাথোড ও অ্যানোডের দিকে চলাচলের ধর্মকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা বলে।

(খ) সোডিয়াম ক্লোরাইড তড়িৎযোজী তথা আয়নীয় যৌগ। জলীয় দ্রবণে

ইহার $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$, এইরূপ আয়নীভবন ঘটে এবং উৎপন্ন Na^+ ও Cl^- আয়ন তড়িৎ পরিবহণ করে। কিন্তু চিনি ($C_{12}H_{22}O_{11}$) সমযোজী যৌগ বলিয়া ইহা জলীয় দ্রবণে আয়নিত হইয়া আয়ন উৎপন্ন করে না। সেইজন্য চিনির দ্রবণ তড়িৎ পরিবহণ করিতে পারে না।

প্রশ্ন : ৭৮। (ক) ফ্যারাডে কি ? ফ্যারাডে, অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা ও ইলেকট্রনের মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠিত কর। ইহা হইতে হাইড্রোজেন আয়ন এবং ইলেকট্রনের তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ গণনা কর। (খ) কুলম্ব কাহাকে বলে ? ফ্যারাডের সহিত ইহার সম্পর্ক কি ?

উত্তর : (ক) **ফ্যারাডে**—৭১ (ঙ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

দ্বিতীয় অংশ—ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র হইতে পাই, 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক আয়ন 1 ফ্যারাডে তড়িৎশক্তি F বহন করে। কিন্তু কোন একযোজী আয়নের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক আয়নে বা এক গ্রাম-আয়নে স্বতন্ত্রভাবে যত সংখ্যক আয়ন থাকে তাহা অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা N-এর সমান ; যেহেতু এক্ষেত্রে এক গ্রাম-আয়ন ও এক গ্রাম-অণুর মধ্যে সমান সংখ্যক অণু থাকে। আবার একটি একযোজী কোন আয়নে তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ ইলেকট্রন e-এর তড়িৎ-শক্তির সমান। সুতরাং N-সংখ্যক একযোজী আয়নের মোট তড়িৎ-শক্তি $= N \times e$. অতএব $F = N \times e$; অথবা $e = \frac{F}{N}$.

এখন $F = 96540$ কুলম্ব এবং $N = 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ বসাইলে, $e = \frac{96540}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$ $= 1{\cdot}602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব। যেহেতু H^+ আয়ন ও e-এর তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ অভিন্ন কিন্তু H^+ আয়ন পরা তড়িৎ-শক্তি ও ইলেকট্রন e অপরা-তড়িৎ শক্তি যুক্ত কণা, অতএব H^+ আয়ন $+1{\cdot}602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব তড়িৎশক্তি এবং ইলেকট্রন $-1{\cdot}602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব তড়িৎশক্তি বহন করে।

(খ) ৭১ নং প্রশ্নোত্তরের (ঘ) ও (ঙ) অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ৭৯। (ক) বিযোজন ও বিয়োজনের মধ্যে পার্থক্য কি ? উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও। (খ) বিযোজন কয় প্রকার ও কি কি ? উহাদের মধ্যে কি পার্থক্য বিদ্যমান ?

উত্তর : বিযোজন—উত্তাপ প্রয়োগে যে বিক্রিয়ায় পদার্থের অণুগুলি ভাঙ্গিয়া একাধিক নূতন অণু গঠন করে কিন্তু ঠাণ্ডা করিলে উহারা পুনরায় মিলিত হইয়া মূল পদার্থে পরিবর্তিত হয় না তাহাকে বিযোজন বলে। ইহা একমুখী বিক্রিয়া। $KClO_3$ উত্তপ্ত করিলে ইহা স্থায়ীভাবে ভাঙ্গিয়া পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন অণু গঠন করে : $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$. অতএব ইহা বিযোজন ক্রিয়ার অন্তর্ভুক্ত।

বিয়োজন—উত্তাপ প্রয়োগে বা আয়নীভবনের ফলে যে বিক্রিয়ায় পদার্থের অনুগুলি ভাঙ্গিয়া একাধিক নূতন অণু বা আয়ন উৎপন্ন করে কিন্তু শীতল করিলে বা

আপনা হইতে উহারা পুনরায় সহজেই মিলিত হইয়া মূল পদার্থে পরিবর্তিত হয়, তাহাকে বিয়োজন বলে। ইহা উভমুখী বিক্রিয়া ; সেইজন্য মূল পদার্থ ও উৎপন্ন পদার্থের মধ্যে সাম্যাবস্থা প্রতিস্থিত হয়। যেমন NH_4Cl উত্তপ্ত করিলে ইহা ভাঙ্গিয়া NH_3 ও HCl গ্যাসে পরিণত হয় কিন্তু ঠাণ্ডা করিলে ঐ গ্যাস দুইটি পুনরায় মিলিয়া কঠিন সাদা NH_4Cl উৎপন্ন করে : $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$, আবার NaCl তড়িৎ-বিশ্লেষ্য জলে দ্রবীভূত করিলে উহা Na^+ ও Cl^- আয়নে বিয়োজিত হয় এবং উহারা স্বতস্ফূর্ত-ভাবে পরস্পর মিলিয়া NaCl উৎপন্ন করে ; $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$. অতএব ইহারা বিয়োজন ক্রিয়ার অন্তর্ভুক্ত।

(খ) বিয়োজন দুই প্রকার ; যথা তাপীয় বা গ্যাসীয়-বিয়োজন এবং আয়নীয় বিয়োজন। উত্তাপ প্রয়োগে বিয়োজন ক্রিয়াকে তাপীয় বা গ্যাসীয় বিয়োজন বলে ; যেমন $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$. অপরদিকে, আয়নীভবনের ফলে যে বিয়োজন ঘটে তাহাকে আয়নীয় বিয়োজন বলে ; যেমন $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$. এই দুই প্রকার বিয়োজনের মধ্যে নিম্নলিখিত বিষয়ে যথেষ্ট পার্থক্য দেখা যায় :—

(১) তাপীয় বা গ্যাসীয় বিযোজন তাপ প্রয়োগে ঘটে, কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ জলে দ্রবীভূত করিলেই আয়নীয় বিয়োজন ঘটে।

(২) তাপীয় বা গ্যাসীয় বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন পরমাণু বা অণু উদাসীন থাকে, কিন্তু আয়নীয় বিয়োজনে তড়িৎযুক্ত আয়ন উৎপন্ন হয়।

$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$; $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ (গ্যাসীয় বিয়োজন)

$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$; $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

(আয়নীয় বিয়োজন)

(৩) তাপীয় বা গ্যাসীয় বিয়োজনে কোন মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না, কিন্তু আয়নীয় বিয়োজনে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যকে উপযুক্ত দ্রাবক তথা মাধ্যমে দ্রবীভূত করিতে হয়।

(৪) তাপীয় বা গ্যাসীয় বিয়োজনে উৎপন্ন পদার্থগুলিকে দ্রবণ, ব্যাপন প্রভৃতি ভৌত উপায়ে পৃথক করা যায় ; কিন্তু আয়নীয় বিয়োজনে উৎপন্ন আয়নগুলিকে সহজে পৃথক করা যায় না।

প্রশ্ন : ৮০। (ক) $CuSO_4$ দ্রবণে পৃথকভাবে (i) প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার ও (ii) কপার তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে, (খ) NaOH দ্রবণে, (গ) সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং (ঘ) $AgNO_3$ দ্রবণে প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে কি ঘটে তাহা লিখ।

প্রত্যেকটি দ্রবণের মধ্য দিয়া এক ফ্যারাডে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে বিভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে কি কি পদার্থ কি পরিমাণে উৎপন্ন হইবে ?

উত্তর : (ক) (i) প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া কপার সালফেট দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে কপার সঞ্চিত হয় এবং আনোডে অক্সিজেন নির্গত হয়। দ্রবণে কপার সালফেট অধিক পরিমাণে ও জল সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হইয়া যথাক্রমে Cu^{++} ও $SO_4^{=}$ আয়ন এবং H^+ ও OH^- আয়ন উৎপন্ন করে ; Cu^{++}

আয়ন ক্যাথোডে মোক্ষিত হয় কিন্তু $SO_4^{=}$ আয়ন ক্যাথোডে মোক্ষিত হইলেও পরে জলের সহিত বিক্রিয়ায় H_2SO_4 ও অক্সিজেন সৃষ্টি করে।

বিয়োজন : $CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{=}$; $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$.

ক্যাথোডে, $Cu^{++} + 2e = Cu$.

অ্যানোডে, $SO_4^{=} - 2e = SO_4$; $SO_4 + H_2O = H_2SO_4 + O$; $2O = O_2$.

(ii) কপার তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিলে যথারীতি কপার সালফেট দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডের উপর কপারের আস্তরণ পড়ে, কিন্তু অ্যানোডে মোক্ষিত $SO_4^{=}$ আয়ন কপার অ্যানোডের সহিত সংযোগে কপার সালফেট উৎপন্ন করিয়া দ্রবণে চলিয়া যায়। ফলে কপার কাথোডের ওজন বৃদ্ধি পায় এবং কপার অ্যানোড ক্ষয়প্রাপ্ত হয় ; কিন্তু দ্রবণে কপার সালফেটের গাঢ়ত্ব অপরিবর্তিত থাকে।

(খ) প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে NaOH-এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন নির্গত হয়। দ্রবণে NaOH ও জল বিয়োজিত হইয়া যথাক্রমে Na^+ ও OH^- আয়ন এবং H^+ ও OH^- আয়ন উৎপন্ন করে। ক্যাথোডের দিকে Na^+ ও H^+ আয়ন এবং অ্যানোডের দিকে OH^- আয়ন চালিত হয়। Na^+ ও H^+ আয়ন উভয়েই ক্যাথোডে মোক্ষিত হয় কিন্তু Na পরমাণু জলের সহিত বিক্রিয়ায় NaOH ও H_2 উৎপন্ন করে ; অপরদিকে OH^- আয়ন অ্যানোডে ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া প্রথমে OH মূলকে এবং পরে জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। বিয়োজন : $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$; $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$.

ক্যাথোডে, $Na^+ + e = Na$; $Na + H_2O = NaOH + H$; $2H = H_2$.

অ্যানোডে, $OH^- - e = OH$; $4(OH) = 2H_2O + O_2$.

(গ) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের পাতলা জলীয় দ্রবণে H_2SO_4 অধিক পরিমাণে এবং জল সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হইয়া যথাক্রমে H^+ ও $SO_4^{=}$ আয়ন এবং H^+ ও OH^- আয়ন উৎপন্ন করে। প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিলে লঘু H_2SO_4-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন নির্গত হয়। কারণ অ্যানোডে প্রথমে $SO_4^{=}$ আয়ন মোক্ষিত হইলেও উৎপন্ন SO_4 মূলক জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া H_2SO_4 ও অক্সিজেন গঠন করে। আবার জলও বিয়োজিত হইয়া ক্যাথোডে হাইড্রোজেন ও অ্যানোডে অক্সিজেন নির্গত করে।

বিয়োজন : $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{=}$; $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$.

ক্যাথোডে, $H^+ + e = H$; $2H = H_2$.

অ্যানোডে, $SO_4^{=} - 2e = SO_4$; $SO_4 + H_2O = H_2SO_4 + O$; $2O = O_2$.

বা $OH^- - e = OH$; $4(OH) = 2H_2O + O_2$.

(ঘ) $AgNO_3$ দ্রবণে $AgNO_3$ ও জল উভয়ই বিয়োজিত হয় ; ফলে দ্রবণে Ag^+, NO_3^-, H^+ ও OH^- আয়ন বর্তমান থাকে। প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে Ag^+ আয়ন ক্যাথোডে যাইয়া ধাতব সিলভাররূপে সঞ্চিত হয় কিন্তু OH^- ও NO_3^- আয়ন অ্যানোডে মোক্ষিত হয় ; NO_3 মূলক জলের সহিত

বিক্রিয়ায় HNO_3 ও O_2 উৎপন্ন করে এবং OH মূলক যথারীতি জল ও O_2-এ পরিণত হয়। ফলে অ্যানোডে O_2 নির্গত হয় এবং দ্রবণে HNO_3 থাকিয়া যায়।

বিয়োজন : $AgNO_3 \rightleftharpoons Ag^+ + NO_3^-$; $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$.

ক্যাথোডে, $Ag^+ + e = Ag$.

অ্যানোডে, $NO_3^- - e = NO_3$; $2NO_3 + H_2O = 2HNO_3 + O$; $2O = O_2$.

বা $OH^- - e = OH$; $4(OH) = 2H_2O + O_2$

শেষাংশ—এক ফ্যারাডে বা 96540 কুলম্ব সর্বদাই এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ পদার্থ তড়িৎ-দ্বারে মোক্ষিত করে। সুতরাং (ক) (i) 31·75 গ্রাম কপার ক্যাথোডে সঞ্চিত হয় ও অ্যানোডে 8 গ্রাম O_2 নির্গত হয় এবং (খ) 31·75 গ্রাম কপার ক্যাথোডে সঞ্চিত হয় ও সম-পরিমাণ কপার অ্যানোড হইতে দ্রবীভূত হয়; ফলে অ্যানোডের ওজন 31·75 গ্রাম কমে। (খ) ও (গ) ক্যাথোডে 1·008 গ্রাম H_2 ও অ্যানোডে 8 গ্রাম O_2 নির্গত হয়। (ঘ) ক্যাথোডে 107·88 গ্রাম সিলভার সঞ্চিত হয় ও অ্যানোডে 8 গ্রাম অক্সিজেন নির্গত হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

১। $AgNO_3$ দ্রবণের ভিতর দিয়া 0·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 30 মিনিট ধরিয়া প্রবাহিত করিলে 1·0065 গ্রাম সিলভার উৎপন্ন হয়। সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কত? (Ag = 108).

উত্তর : $W = Z.C.t$; এখানে $W = 1·0065$ গ্রাম, $C = 0·5$ অ্যাম্পিয়ার এবং $t = 30 \times 60$ সেকেণ্ড। অতএব $1·0065 = Z \times 0·5 \times 30 \times 60$;

$$\text{সুতরাং } Z = \frac{1·0065}{0·5 \times 30 \times 60} = 0·001118.$$

∴ সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 0·001118 গ্রাম।

২। 2·1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 20 মিনিট ধরিয়া $AgNO_3$ দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিলে কি পরিমাণ সিলভার ক্যাথোডে সঞ্চিত হইবে?

উত্তর : যেহেতু $AgNO_3$-এ সিলভারের যোজ্যতা 1, সুতরাং সিলভারের তুল্যাঙ্কভার = 108. এক্ষেত্রে প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $= C \times t = 2·1 \times 20 \times 60 = 2520$ কুলম্ব।

যেহেতু 96500 কুলম্ব তড়িৎ 108 গ্রাম সিলভার ক্যাথোডে উৎপন্ন করে, অতএব 2520 কুলম্ব তড়িৎ উৎপন্ন করে $\frac{108 \times 2520}{96500} = 2·8173$ গ্রাম সিলভার।

∴ ক্যাথোডে উৎপন্ন সিলভারের ওজন = 2·8173 গ্রাম।

৩। গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের মধ্য দিয়া কত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 1 ঘণ্টা প্রবাহিত করিলে 10 গ্রাম সোডিয়াম উৎপন্ন হইবে?

উত্তর : আমরা পাই, $W = z \times C \times t$. যেহেতু সোডিয়ামের তড়িৎ-

রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (z)=সোডিয়ামের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক × হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $= 23 \times 0.0000104$ গ্রাম, $W = 10$ গ্রাম, এবং $t = 1$ ঘণ্টা $= 60 \times 60$ সেকেণ্ড।

$\therefore \ 10 = 23 \times 0.0000104 \times C \times 60 \times 60$; অর্থাৎ $C = 11.61$ অ্যাম্পিয়ার।

সুতরাং তড়িৎ-মাত্রার পরিমাণ $= 11.61$ অ্যাম্পিয়ার।

৪। 10 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 6 মিনিট 26 সেকেণ্ড ধরিয়া অ্যাসিডযুক্ত জলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে প্রমাণ অবস্থায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন নির্ণয় কর।

উত্তর : প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $= C \times t = 10 \times (6 \times 60 + 26) = 3860$ কুলম্ব। যেহেতু 96500 কুলম্ব তড়িৎ 1·008 গ্রাম H_2 উৎপন্ন করে, অতএব 3860 কুলম্ব তড়িৎ $\frac{1.008 \times 3860}{96500} = 0.04032$ গ্রাম H_2 উৎপন্ন করিবে।

আবার প্রমাণ অবস্থায় 0·00009 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন 1 সি. সি. ; সুতরাং 0·04032 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন হইবে $\frac{0.04032}{0.00009} = 448$ সি. সি.।

৫। একই সময় ব্যাপিয়া (i) $AgNO_3$ দ্রবণ, (ii) $CuSO_4$ দ্রবণ এবং (iii) অ্যাসিডযুক্ত জলের মধ্য দিয়া একই তড়িৎ-প্রবাহে 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে অ্যাসিডযুক্ত জলের ক্যাথোডে 124·7 সি. সি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। সঞ্চিত সিলভার ও কপারের পরিমাণ গণনা কর। (Ag=108, Cu=63·8).

উত্তর : 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে উৎপন্ন 124·7 সি. সি. হাইড্রোজেনের আয়তন প্রমাণ অবস্থায় V সি.সি. হইলে বয়েল ও চার্লসের সূত্রানুসারে পাই, $\frac{V \times 760}{273+0} = \frac{124.7 \times 750}{273+27}$; অথবা $V = \frac{124.7 \times 750 \times 273}{300 \times 760} = 112$ সি. সি.।

প্রমাণ অবস্থায় 1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন 0·000089 গ্রাম বলিয়া উপরোক্ত 112 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন $= 112 \times 0.000089 = 0.009968$ গ্রাম।

আবার ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র অনুসারে পাই,

$$\frac{\text{উৎপন্ন সিলভারের ওজন}}{\text{উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{\text{সিলভারের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{হাইড্রোজেনের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}$$; অতএব, উৎপন্ন সিলভারের ওজন $= 108 \times 0.009968 = 1.0765$ গ্রাম।

অনুরূপে, উৎপন্ন কপারের ওজন $=$ কপারের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $\times 0.009968$ $= \frac{63.5}{2} \times 0.009968 = 0.3165$ গ্রাম।

৬। $CuSO_4$ দ্রবণ হইতে 0·2 গ্রাম কপার উৎপন্ন করিবার জন্য 1·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহের কত সময় লাগিবে ? (1 ফ্যারাডে=96500 কুলম্ব ; Cu=63·5)।

উত্তর : $CuSO_4$-এ কপারের তুল্যাঙ্কভার $= 63.5 \div 2 = 31.75$. অতএব 31·75 গ্রাম কপার উৎপন্ন করিতে 96500 কুলম্ব লাগে। সুতরাং 0·2 গ্রাম কপার উৎপন্ন

করিতে $\frac{96500\times0{\cdot}2}{31{\cdot}75}=607{\cdot}87$ কুলম্ব তড়িৎ দরকার। এখন নির্ণেয় সময় t সেকেণ্ড হইলে তড়িতের পরিমাণ $=(1{\cdot}5\times t)$ কুলম্ব।

$\therefore\ 1{\cdot}5\times t=607{\cdot}87$; অর্থাৎ $t=\frac{607{\cdot}87}{1{\cdot}5}=405{\cdot}25$ সেকেণ্ড।

অতএব নির্ণেয় সময় $=405{\cdot}25$ সেকেণ্ড $=6$ মিনিট $45{\cdot}25$ সেকেণ্ড।

৭। প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ এবং কোন X ধাতব লবণের দ্রবণের মধ্য দিয়া শ্রেণীসজ্জায় তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হইল। কিছু সময় পর 0·348 গ্রাম X এবং 1·264 গ্রাম জিঙ্ক সঞ্চিত হইলে X-এর রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কত? (Zn-এর রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 32·7).

উত্তর : যেহেতু একই পরিমাণ তড়িৎ অর্থাৎ একই তড়িৎ-মাত্রা একই সময়ের জন্য প্রবাহিত করিলে ধাতুগুলি উহাদের রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতে সঞ্চিত হয়, অর্থাৎ 0·348 : 1·264 = X-এর রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক : 32·7,

অতএব X-এর রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $=\frac{0{\cdot}348}{1{\cdot}264}\times32{\cdot}7=9{\cdot}0.$

৮। 0·25 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 1 ঘণ্টা ধরিয়া $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইলে 0·295 গ্রাম কপার উৎপন্ন হয়। কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

উত্তর : তড়িতের পরিমাণ $=C\times t=0{\cdot}25\times60\times60=900$ কুলম্ব। আমরা জানি, এক ফ্যারাডে অর্থাৎ 96500 কুলম্ব তড়িৎ কোন পদার্থের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ মোক্ষিত করে।

যেহেতু 900 কুলম্ব মোক্ষিত করে 0·295 গ্রাম কপার, সুতরাং 96500 কুলম্ব দ্বারা মোক্ষিত কপারের পরিমাণ $=\frac{0{\cdot}295\times96500}{900}=31{\cdot}62$ গ্রাম।

অতএব কপারের তুল্যাঙ্কভার = 31·62.

৯। 0·0324 ফ্যারাডে তড়িৎ-প্রবাহে 0·651 গ্রাম ক্যালসিয়াম উৎপন্ন হইলে ক্যালসিয়ামের সঠিক পারমাণবিক ওজন কত? (Ca-এর আনুমানিক পারমানবিক ওজন 40).

উত্তর : 1 ফ্যারাডে তড়িৎ-প্রবাহে উৎপন্ন ক্যালসিয়ামের পরিমাণ $=\frac{0{\cdot}651}{0{\cdot}0324}$ $=20{\cdot}1$ গ্রাম। অতএব ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার = 20·1. যেহেতু ক্যালসিয়ামের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন 40, অতএব উহার যোজ্যতা $=\frac{40}{20{\cdot}1}=1{\cdot}99=2$ (আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা)।

সুতরাং ক্যালসিয়ামের সঠিক পারমাণবিক ওজন $=20{\cdot}1\times2=40{\cdot}2.$

১০। 112 পারমাণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট একটি ধাতুর লবণের দ্রবণের মধ্য দিয়া 1·5

অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 15 মিনিট ধরিয়া প্রবাহিত করিলে 0·783 গ্রাম ধাতু সঞ্চিত হয়। উক্ত লবণে ধাতুর যোজ্যতা নির্ণয় কর।

উত্তর: তড়িতের পরিমাণ $= C \times t = 1{\cdot}5 \times 15 \times 60 = 1350$ কুলম্ব। অতএব 1350 কুলম্ব তড়িৎ 0·783 গ্রাম ধাতু সঞ্চিত করে। সুতরাং 1 ফ্যারাডে বা 96500 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা সঞ্চিত ধাতুর পরিমাণ $= \frac{0{\cdot}783 \times 96500}{1350} = 55{\cdot}97$ গ্রাম।

$\therefore$ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $= 55{\cdot}97$. কিন্তু যোজ্যতা $= \frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}} = \frac{112}{55{\cdot}97} = 2$ (আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা)।

সুতরাং ধাতুর যোজ্যতা $= 2$

১১। 0·1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 45 মিনিট ধরিয়া যথাক্রমে কপার ও জল ভল্টামিটারের মধ্য দিয়া চালিত করিলে সঞ্চিত কপারের ওজন এবং তড়িৎ-বিশ্লেষ্যক গ্যাসের আয়তন প্রমাণ অবস্থায় গণনা কর।

উত্তর: অ্যাসিডযুক্ত জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন নির্গত হয়; ইহাদের সংযুক্ত আয়তনকেই তড়িৎ-বিশ্লেষ্যক গ্যাসের আয়তন বুঝায়।

যেহেতু 96500 কুলম্ব 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন অর্থাৎ 1 গ্রাম হাইড্রোজেন ও 8 গ্রাম অক্সিজেন নির্গত করে, এবং প্রমাণ অবস্থায় 1 গ্রাম হাইড্রোজেন $= \frac{1}{2} \times 22400 = 11200$ সি. সি. ও 8 গ্রাম অক্সিজেন $= \frac{1}{4} \times 22400 =$ 5600 সি. সি. আয়তন অধিকার করে; অতএব 96500 কুলম্ব তড়িৎ-প্রবাহে উৎপন্ন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মোট আয়তন $= 11200 + 5600 = 16800$ সি. সি.।

এক্ষণে প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $= C \times t = 0{\cdot}1 \times 45 \times 60 = 270$ কুলম্ব। অতএব 270 কুলম্ব তড়িৎ-প্রবাহে $\frac{16800}{96500} \times 270 = 47{\cdot}0$ সি. সি. তড়িৎ-বিশ্লেষ্যক গ্যাস উৎপন্ন হইবে।

আবার, যেহেতু 96500 কুলম্ব তড়িৎ-প্রবাহে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অর্থাৎ 31·75 গ্রাম কপার সঞ্চিত হয়, অতএব 270 কুলম্ব তড়িৎ-প্রবাহে কপার ভল্টামিটারে সঞ্চিত কপারের ওজন $= \frac{31{\cdot}75}{96500} \times 270 = 0{\cdot}08886$ গ্রাম।

১২। একই পরিমাণ তড়িৎ অ্যাসিড-মিশ্রিত জল ও M ধাতুর ক্লোরাইড লবণের দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হইল। ইহাতে প্রমাণ অবস্থায় 14·8 লিটার হাইড্রোজেন নির্গত হইল এবং 42 গ্রাম ধাতু দ্রবণ হইতে ক্যাথোডে সঞ্চিত হইল। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 3·094 হইলে ধাতুর সঠিক পারমাণবিক ওজন ও ক্লোরাইডের সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর: নির্গত হাইড্রোজেনের ওজন $= 14{\cdot}8 \times 0{\cdot}09 = 1{\cdot}332$ গ্রাম। অতএব ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{\text{উৎপন্ন ধাতুর ওজন}}{\text{নির্গত } H_2\text{-এর ওজন}} \times H_2$-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{42 \times 1{\cdot}008}{1{\cdot}332}$ $= 31{\cdot}78$.

আবার ধাতুর আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $= \dfrac{6.4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}} = \dfrac{6.4}{0.094}$

$= 68.08.$

$\therefore$ ধাতুর যোজ্যতা $= \dfrac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}} = \dfrac{68.08}{31.78} = 2.14$; অর্থাৎ 2 (আসন্ন পূর্ণ-সংখ্যা) ; কারণ যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না।

সুতরাং ধাতুর সঠিক পারমাণবিক ওজন $= 31.78 \times 2 = 63.56$ এবং উহার ক্লোরাইডের সংকেত $= MCl_2$.

অনুশীলনী—৬

১। $AgNO_3$ দ্রবণের ভিতর দিয়া 6 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-মাত্রা 10 মিনিট ধরিয়া চালাইলে ক্যাথোডে 4 গ্রাম সিলভার সঞ্চিত হয়। সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কত? [উঃ 0·001118 গ্রাম]

২। $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়া 2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 16 মিনিট 5 সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত করিলে কি পরিমাণ কপার সঞ্চিত হইবে? [উঃ 0·635 গ্রাম]

৩। একই প্রবাহ-মাত্রায় (i) $AgNO_3$ দ্রবণ, (ii) $CuSO_4$ দ্রবণ এবং (iii) অ্যাসিডযুক্ত জলের মধ্য দিয়া তড়িৎ চালনা করা হইল। যে সময়ে (i)-তে 0·15 গ্রাম সিলভার এবং (ii)-তে 0·1 গ্রাম কপার সঞ্চিত হয়, সেই সময়ে N.T.P.-তে (iii) হইতে নির্গত হাইড্রোজেনের পরিমাণ গণনা কর।

[উঃ 15·5 সি. সি. ; 35·5 সি. সি.]

৪। একই সময় ধরিয়া একই প্রবাহ-মাত্রায় (ক) $AgNO_3$ দ্রবণ, (খ) $CuSO_4$ দ্রবণ এবং (iii) অম্লীকৃত জলের ভিতর দিয়া তড়িৎ চালনা করা হইল। অম্লীকৃত জল হইতে ক্যাথোডে 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 124·7 সি. সি. হাইড্রোজেন নির্গত হইলে কি পরিমাণ সিলভার ও কপার সঞ্চিত হইবে? [উঃ Ag-1·089 গ্রাম ; Cu-0·3226 গ্রাম]

৫। শ্রেণীসজ্জায় $CuSO_4$ দ্রবণ ও $AgNO_3$ দ্রবণ হইতে যে সময়ে 0·3597 গ্রাম সিলভার সঞ্চিত হয় ঠিক তত সময়ে 0·106 গ্রাম কপারও সঞ্চিত হয়। কপারের তুল্যাঙ্কভার 31·8 হইলে সিলভারের তুল্যাঙ্কভার গণনা কর। [উঃ 107·9]

৬। লঘু H_2SO_4-এর ভিতর দিয়া 6 মিনিট ধরিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে 15°C উষ্ণতায় ও 748 মি. মি. চাপে 40 সি. সি. তড়িৎ-বিশ্লেষক গ্যাস সংগৃহীত হয়। তড়িৎ-প্রবাহের মান নির্ণয় কর।

[উঃ 0·596 অ্যাম্পিয়ার]

৭। কোন ধাতব লবণের মধ্য দিয়া 1·8 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 1 ঘণ্টা ধরিয়া প্রবাহিত করিলে 7·245 গ্রাম ধাতু ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 107·89]

৮। লঘু H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 30 মিনিট ধরিয়া প্রবাহিত করিলে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন তড়িৎ-বিশ্লেষক গ্যাস নির্গত হইবে গণনা কর।

[উঃ 1·5667 লিটার]

৯। একই পরিমাণ তড়িৎ অ্যাসিডযুক্ত জল এবং $CuSO_4$ দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 203 সি. সি. হাইড্রোজেন এবং 0·578 গ্রাম কপার উৎপন্ন হয়। কপারের তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 31·88]

১০। $CuSO_4$ দ্রবণের ভিতর দিয়া অর্ধ ঘণ্টা ধরিয়া তড়িৎ প্রবাহের ফলে 0·2 গ্রাম কপার সঞ্চিত হয়। ইহার দ্বিগুণ পরিমাণ তড়িৎ 2 ঘণ্টা ধরিয়া অম্লকৃত জলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কত আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যাইবে? (কপারের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $=31.8$)।

[উঃ 279·6 সি. সি.]

প্রশ্ন ঃ ৮১। (ক) দ্রবণ কাহাকে বলে? সংপৃক্ত, অসংপৃক্ত ও অতিপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে পার্থক্য কি? উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও। (খ) কোন দ্রবণ সংপৃক্ত, অসংপৃক্ত বা অতিপৃক্ত কিনা কিরূপে নির্ণয় করিবে? (গ) ঘরের উষ্ণতায় কিভাবে অতিপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিবে তাহার একটি বর্ণনা দাও।

উত্তর ঃ (ক) দ্রবণ—দুই বা ততোধিক বিভিন্ন পদার্থ (কঠিন, তরল বা গ্যাসীয়) দ্বারা মিশ্রণ তৈরী হইলে যদি উহার প্রত্যেক অংশের অনুপাত এবং ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম একই থাকে তবে সেই মিশ্রণকে দ্রবণ বা দ্রব বলে। দ্রবণের উপাদনগুলি বাষ্পীভবন, পাতন, কেলাসন প্রভৃতি সহজ ভৌত উপায়ে পৃথক করা যায়।

মিশ্রণে যে পদার্থটি বেশী পরিমাণে থাকে অর্থাৎ যে মাধ্যমে দ্রাব দ্রবীভূত হয় তাহাকে দ্রাবক বলে এবং দ্রবীভূত পদার্থকে দ্রাব বলা হয়। সাধারণতঃ দ্রাবক ও দ্রবণের ভৌত অবস্থা এক।

একটি বিকারে অল্প পরিমাণ চিনির মধ্যে জল ঢালিয়া নাড়িয়া দিলে সমসত্ব স্বচ্ছ দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এখানে জল মাধ্যমে চিনি দ্রবীভূত বলিয়া জল দ্রাবক এবং চিনি দ্রাব। আবার কোহল ও জল উভয় তরল মিশাইলে সমসত্ব মিশ্রণ পাওয়া যায়।

সংপৃক্ত, অসংপৃক্ত ও অতিপৃক্ত দ্রবণ—নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে সর্বাধিক পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকিলে সেই দ্রবণকে সংপৃক্ত দ্রবণ বলে। যদি দ্রবণে তদপেক্ষা কম পরিমাণ দ্রাব থাকে তবে দ্রবণটিকে অসংপৃক্ত দ্রবণ বলে। কিন্তু বিশেষ কোন কারণে যদি দ্রবণে তদপেক্ষা বেশী পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকে তবে দ্রবণটিকে অতিপৃক্ত দ্রবণ বলা হয়। অতিরিক্ত দ্রাবের সংস্পর্শে সংপৃক্ত দ্রবণের মাত্রা অপরিবর্তিত থাকে-কিন্তু অসংপৃক্ত দ্রবণের মাত্রা বৃদ্ধি পায় ও অতিপৃক্ত দ্রবণের মাত্রা হ্রাস পায়। অতিপৃক্ত দ্রবণ খুবই অস্থায়ী; একটু নাড়াচাড়া পাইলে বা অল্প একটু দ্রাব মিশাইলে অতিরিক্ত দ্রাবটুকু পৃথক হইয়া পড়ে এবং দ্রবণটি সংপৃক্ত হয়।

একটি বিকারে জল লইয়া উহাতে অল্প অল্প করিয়া চিনি মিশাইয়া নাড়িলে প্রথমে চিনি দ্রবীভূত হইয়া দ্রবণ স্বচ্ছ হয় কিন্তু পরে মিশ্রিত চিনি দ্রবীভূত না হইয়া বিকারের তলায় জমা হয়। ঘরের উষ্ণতায় উপরের স্বচ্ছ দ্রবণই চিনির সংপৃক্ত দ্রবণ, ইতিপূর্বে দ্রবণটি অসংপৃক্ত ছিল। একটি পরীক্ষানলে সোডিয়াম সালফেটের কেলাস লইয়া মৃদু উত্তপ্ত করিলে উহা কেলাস জলে গলিয়া অতিপৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে।

(খ) কোন দ্রবণ সংপৃক্ত, অসংপৃক্ত বা অতিপৃক্ত কিনা তাহা নির্ণয়ের জন্য দ্রবণে ছোট এক টুকরা দ্রাব যোগ করিতে হয়। (১) যদি দ্রাবের টুকরাটি দ্রবীভূত না হয় এবং দ্রবণের মাত্রা অপরিবর্তিত থাকে তবে দ্রবণটি সংপৃক্ত বুঝায়; (২) যদি দ্রাবের

টুকরাটি সম্পূর্ণ বা আংশিক দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণের মাত্রা বাড়ে তবে দ্রবণটি অসংপৃক্ত; প্রমাণিত হয়; কিন্তু (৩) যদি দ্রাবের টুকরাটি আকারে বড় হয় এবং দ্রবণের মাত্রা হ্রাস পায় তবে দ্রবণটি অতিপৃক্ত ছিল বুঝায়।

(গ) একটি মোটা পরীক্ষানলে সোডিয়াম থায়ো-সালফেটের কেলাস লইয়া নলের মুখ তুলা দিয়া বন্ধ করিবার পর নলটিকে একটি বিকারের জলের মধ্যে বসাইয়া গরম করা হয়। ইহাতে কেলাসগুলি উহাদের অন্তর্নিহিত কেলাস-জলে গলিয়া তরলে পরিণত হয়। এইবার পরীক্ষানলটি জল হইতে তুলিয়া শীতল করিলে কোন কঠিন পদার্থ পৃথক হয় না। ইহাই ঘরের উষ্ণ তায় সোডিয়াম থায়ো-সালফেটের অতিপৃক্ত দ্রবণ।

প্রশ্ন : ৮২। দ্রবণের মধ্যে যৌগিক পদার্থের কি কি গুণ দেখা যায়? তদসত্ত্বেও দ্রবণকে যৌগ হিসাবে গণ্য করা হয় না কেন?

উত্তর : দ্রবণ মিশ্র পদার্থ হইলেও ইহার মধ্যে যৌগিক পদার্থের কয়েকটি ধর্ম বর্তমান থাকে। এইরূপ বিশেষ গুণের জন্য দ্রবণকে বিশেষ ধরণের মিশ্র পদার্থ বলা হয়। যথা—

(১) যৌগিক পদার্থের মত দুই বা ততোধিক পদার্থের দ্রবণও একটি সমসত্ত্ব পদার্থ। (২) কোন কোন সময় দ্রবণ তৈরী করার সময় যৌগিক পদার্থের গঠনের মত তাপের উদ্ভব বা শোষণ হয়। (৩) নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সংপৃক্ত দ্রবণে দ্রাবক ও দ্রবের অনুপাত যৌগিক পদার্থের উপাদানের মত সুনির্দিষ্ট থাকে। (৪) সংপৃক্ত দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক যৌগিক পদার্থের মত সুনির্দিষ্ট থাকে।

কিন্তু তদসত্ত্বেও দ্রবণ মিশ্র পদার্থ—যৌগিক পদার্থ নয়। কারণ যৌগিক পদার্থের প্রধান বৈশিষ্ট্য এই যে উহাতে নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয়, ফলে যৌগের ধর্ম উপাদান সমূহের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক হয় এবং উহাদিগকে সহজ ভৌত উপায়ে পৃথক করা যায় না। কিন্তু দ্রবণ প্রস্তুতকালে কোন নূতন পদার্থ গঠিত হয় না এবং দ্রবণের মধ্যে দ্রাব ও দ্রাবক অর্থাৎ উপাদানগুলির ধর্ম পৃথকভাবে বজায় থাকে। সেইজন্য উহাদিগকে সহজ ভৌত উপায়ে পৃথকীকরণ সম্ভব হয়।

প্রশ্ন : ৮৩। (ক) দ্রাব্যতা বলিতে কি বুঝায়? (খ) কোন পদার্থের দ্রাব্যতা প্রকাশ করিতে উষ্ণতার উল্লেখ প্রয়োজন হয় কেন? (গ) '40°C উষ্ণতায় নাইটারের দ্রাব্যতা 65'—ইহার অর্থ কি? (ঘ) উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে নাইটার, সাধারণ লবণ ও সোডিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা কিরূপে পরিবর্তিত হয়?

উত্তর : (ক) **দ্রাব্যতা**—নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবক সর্বাধিক যত গ্রাম পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত করিয়া সংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয় সেই সংখ্যাকে ঐ পদার্থের দ্রাব্যতা বা দ্রবণীয়তা বলে। দ্রাব্যতার একক নাই—ইহা একটি সংখ্যা মাত্র। যেমন 20°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে 32 গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত হইয়া সংপৃক্ত

দ্রবণ তৈরী করে ; স্থতরাং উহার দ্রাব্যতা 32. যদি $t^\circ C$ উষ্ণতায় a গ্রাম দ্রাব b গ্রাম দ্রাবককে সংপৃক্ত করে তবে ঐ উষ্ণতায় উহার দ্রাব্যতা= $\frac{a \times 100}{b}$.

(খ) বিভিন্ন উষ্ণতায় একই পরিমাণ (এক্ষেত্রে 100 গ্রাম) দ্রাবককে সংপৃক্ত দ্রবণে পারণত করিতে বিভিন্ন পরিমাণ দ্রাব লাগে। সাধারণত উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে এই পরিমাণ ক্রমশঃ বাড়ে। কিন্তু নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন দ্রাব্যের পরিমাণ সর্বদাই নির্দিষ্ট থাকে। সেই কারণে কোন পদার্থের দ্রাব্যতা প্রকাশ করিবার সময় উষ্ণতার উল্লেখ করা প্রয়োজন। যেমন 20°C, 30°C, 40°C ও 50°C উষ্ণতায় নাইটারের দ্রাব্যতা যথাক্রমে 32, 45, 65 ও 85.

(গ) 40°C উষ্ণতায় নাইটারের দ্রাব্যতা 65—ইহার অর্থ এই যে 40°C উষ্ণতায় 65 গ্রাম নাইটার 100 গ্রাম জলে দ্রবীভূত হইয়া সংপৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে।

(ঘ) উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে নাইটারের দ্রাব্যতা দ্রুত বৃদ্ধি পায় ; যেমন নাইটারের দ্রাব্যতা 30°C উষ্ণতায় 45 ও 70°C উষ্ণতায় 140. সাধারণ লবণের দ্র্যাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির ফলে বেশী বাড়ে না ; যেমন 0°C উষ্ণতায় 35 ও 100°C উষ্ণতায় 40. কিন্তু সোডিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা একটু অস্বাভাবিক ধরণের ; উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে উহার দ্রাব্যতা প্রথমদিকে বাড়ে কিন্তু পরে কমিতে থাকে। যেমন উহার দ্রাব্যতা 0°C ও 35°C উষ্ণতায় যথাক্রমে 5 ও 50 এবং পরে হ্রাস পাইয়া 60°C ও 100°C উষ্ণতার যথাক্রমে 45 ও 43 হয়।

প্রশ্ন : ৮৪। সাধারণ উষ্ণতায় নাইটারের দ্রাব্যতা কিরূপে নির্ণয় করিবে বর্ণনা কর।

উত্তর : একটি ফ্লাস্কে খানিকটা পাতিত জল লইয়া উহাতে বিচূর্ণ নাইটার অল্প অল্প করিয়া যোগ করিবার পর ফ্লাস্কের মুখ বন্ধ করিয়া ঝাঁকান হইল। এক সময় নাইটার আর দ্রবীভূত না হইয়া কিছু অদ্রবণীয় অবস্থায় তলায় পড়িয়া থাকিবে। ইহাই সাধারণ উষ্ণতায় নাইটারের সংপৃক্ত দ্রবণ। এই দ্রবণ শুষ্ক ফানেল ও ফিল্টার কাগজের সাহায্যে পরিস্রুত করিবার পর উহার খানিকটা দ্রবণ পূর্বে ওজন করা একটি শুষ্ক পোর্সিলেন খর্পরে লইয়া পুনরায় উহার ওজন লওয়া হইল। খর্পরটি একটি জল-গাহে উত্তপ্ত করিয়া দ্রবণের জল সম্পূর্ণ বাষ্পীভূত করা হইল। কঠিন নাইটার খর্পরে পড়িয়া থাকে। তারপর খর্পরটি উত্তপ্ত বায়ু-চুল্লীতে শুষ্ক করিয়া শোষকাধারে ঠাণ্ডা করিবার পর নাইটার সমেত উহা পুনরায় ওজন করা হইল। ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত এইভাবে কয়েকবার খর্পরটি উত্তপ্ত করিয়া এবং শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন লওয়া হইল।

গণনা—ঘরের উষ্ণতা= $t^\circ C$; পোর্সিলেন খর্পরের ওজন=a গ্রাম ; সংপৃক্ত নাইটার দ্রবণ সহ খর্পরের ওজন=b গ্রাম ; এবং শুষ্ক নাইটার সহ খর্পরের ওজন= c গ্রাম।

$\therefore$ নাইটারের ওজন=(c − a) গ্রাম এবং জলের ওজন=(b − c) গ্রাম ; অর্থাৎ

সাধারণ উষ্ণতায় (b−c) গ্রাম জলে (c−a) গ্রাম নাইটার দ্রবীভূত হইলে দ্রবণ সংপৃক্ত হয়। অতএব 100 গ্রাম জলে দ্রবীভূত নাইটারের পরিমাণ $=\frac{(c-a)\times 100}{(b-c)}$ গ্রাম।

সুতরাং সাধারণ উষ্ণতায় (t°C) নাইটারের দ্রাব্যতা $=\frac{(c-a)\times 100}{(b-c)}$.

প্রশ্ন : ৮৫। (ক) দ্রাব্যতা-লেখ কি? ইহার উপকারিতা উল্লেখ কর। (খ) নাইটার ও সাধারণ লবণের মিশ্র উত্তপ্ত দ্রবন শীতল করিলে কোন্‌টি প্রথমে পৃথক হইবে?

উত্তর : (ক) দ্রাব্যতা-লেখ—[প্রথমে ৮৩ (ক) নং-এর উত্তর অনুযায়ী দ্রাব্যতার সংজ্ঞা লিখ] সাধারণতঃ উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে পদার্থের দ্রাব্যতা বাড়ে। উষ্ণতায় সহিত কোন পদার্থের দ্রাব্যতার এই পরিবর্তনকে যে রেখা-চিত্র দ্বারা প্রকাশ করা হয় তাহাকে দ্রাব্যতা-লেখ বলে। কোন ছক্ কাগজে আনুপাতিক হারে অনুভূমিক রেখায় (ভুজ) উষ্ণতা এবং উলম্ব রেখায় (কোটি) দ্রাব্যতা ধরিয়া বিভিন্ন উষ্ণতায় দ্রাব্যতা অনুযায়ী বিভিন্ন বিন্দু বসাইয়া সেই বিন্দুগুলিকে যোগ করিলেই দ্রাব্যতা-লেখ পাওয়া যায়।

দ্রাব্যতা-লেখ-এর উপকারিতা : দ্রাব্যতা-লেখ হইতে (১) পরীক্ষা ব্যতিরেকে যে-কোন উষ্ণতায় কোন পদার্থের দ্রাব্যতা সরাসরি জানা যায়; (২) কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতা সম্বন্ধে তুলনামূলক আভাস পাওয়া যায়; (৩) উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে পদার্থের দ্রাব্যতার মাত্রা জানা যায়; (৪) কোন লবণের সংপৃক্ত দ্রবণ শীতল করিলে বিভিন্ন উষ্ণতায় কি পরিমাণ লবণ পৃথক হইবে তাহা জানা যায়; এবং (৫) বাষ্পীভবনকালে বা শীতল হইবার সময় দুই বা ততোধিক কঠিন পদার্থের মিশ্রিত দ্রবণ হইতে কোন্ পদার্থটি প্রথমে পৃথক হইবে তাহাও জানা যায়।

(খ) সাধারণতঃ দুইটি মিশ্র কঠিন পদার্থের দ্রবণ ক্রমশঃ শীতল করিলে যে পদার্থের দ্রাব্যতা কম সেই পদার্থটি প্রথমে দ্রবণ হইতে পৃথক হইয়া আসে। সাধারণ লবণের দ্রাব্যতা নাইটারের দ্রাব্যতা অপেক্ষা কম। সেইজন্য নাইটার ও সাধারণ লবণের মিশ্র উত্তপ্ত দ্রবণ শীতল করিলে সাধারণ লবণ প্রথমে দ্রবণ হইতে পৃথক হইয়া কেলাস আকারে পাত্রের তলায় সঞ্চিত হয় কিন্তু নাইটার জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিয়া যায়।

প্রশ্ন : ৮৬। (ক) প্রলম্বন কি? কোলয়েড ও কৃষ্ট্যালয়েড কাহাকে বলে? কোলয়েডের বিশেষত্ব কি? (খ) কোলয়েড দ্রবণ কাহাকে বলে? প্রকৃত দ্রবণ হইতে উহার পার্থক্য দেখাও? সল, জেল ও ইমালসন কি? (গ) কোলয়েডের কয়েকটি সাধারণ উদাহরণ দাও। (ঘ) ঝিল্লী-বিশ্লেষণ কি? ইহার সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। অথবা, কেলাসিত পদার্থ হইতে কোলয়েড কিভাবে পৃথক করিবে তাহা সংক্ষেপে বর্ণনা কর। ঝিল্লী-বিশ্লেষণের প্রয়োগ উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) **প্রলম্বন**—জিলেটিন, শ্বেতসার, গাম প্রভৃতি অনিয়তাকার পদার্থ জলে মিশ্রিত করিলে উহারা স্বচ্ছ দ্রবণ তৈরী করে না অথবা অদ্রবণীয় পদার্থের মত পাত্রের তলায় থিতাইয়া পড়ে না। উহারা অস্বচ্ছ সূক্ষ্ম কণিকায় পরিণত হইয়া জলে ভাসিতে থাকে অথচ পরিস্রাবন প্রক্রিয়ার সাহায্যে উহাদের পৃথক করা যায় না; ফলে দ্রবণ অস্বচ্ছ ও অসমসত্ত্ব হয়। পদার্থের এইরূপ অবস্থাকেই প্রলম্বন বলে। সাধারণতঃ তরল মাধ্যমে কোন পদার্থের অণুগুলির ব্যাসের পরিমাণ 10^{-5} হইতে 10^{-7} সেন্টি-মিটারের মধ্যবর্তী হইলে উহারা প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে।

কোলয়েড ও ক্রস্ট্যালয়েড—যে পদার্থকে দ্রাবকের সহিত মিশাইলে যদি উহা দ্রবীভূত না হইয়া প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে অর্থাৎ পদার্থটি মোটামুটি 10^{-5} হইতে 10^{-7} সেন্টিমিটারের মাঝামাঝি ব্যাসের কণারূপে দ্রাবকে ছড়াইয়া থাকিয়া অস্বচ্ছ ও অসমসত্ত্ব মিশ্রণ তৈরী করে তবে সেই পদার্থটিকে কোলয়েড বলে। আর যে পদার্থ দ্রাবকে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইয়া স্বচ্ছ সমসত্ত্ব দ্রবণ উৎপন্ন করে তাহাকে ক্রস্ট্যালয়েড বলে। ইহাদের অণুগুলির ব্যাস 10^{-8} সেন্টিমিটার বা তারও কম; ফলে ইহারা দ্রাবকের অণুগুলির সহিত সমানভাবে মিশিয়া যায়। কোলয়েডের দ্রবণ ঝিল্লীর ছিদ্রপথের ভিতর দিয়া যাইতে পারে না কিন্তু ক্রস্ট্যালয়েডের দ্রবণ সহজেই ঝিল্লীর ছিদ্রপথের মধ্য দিয়া চলিয়া আসে এবং সেই দ্রবণ হইতে উহার কেলাস প্রস্তুত করা যায়। জিলেটিন, শ্বেতসার, গাম প্রভৃতি কোলয়েড এবং লবণ জাতীয় পদার্থ ক্রস্ট্যালয়েড শ্রেণীভুক্ত।

দ্রাবকের প্রকৃতি অনুযায়ী একই পদার্থ তথা দ্রাব ভিন্ন ভিন্ন দ্রাবকে ক্রস্ট্যালয়েড ও কোলয়েড দুই রকম ব্যবহার করিতে পারে। যেমন সোডিয়াম ক্লোরাইড জলে ক্রস্ট্যালয়েডের মত কিন্তু অ্যালকোহল বা বেঞ্জিনে কোলয়েডের মত ব্যবহার করে। সুতরাং কোলয়েড কোন বিশেষ শ্রেণীর পদার্থ নয়, উহা পদার্থের একটি বিশেষ অবস্থা মাত্র; দ্রাবকভেদে কণিকার আকার বৃদ্ধিতে এই অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

কোলয়েড দ্রবণ—দ্রবণ বলিতে দ্রাবক ও দ্রাবের সমসত্ত্ব মিশ্রণ বুঝায়। দ্রাবকের মধ্যে দ্রাব যোগ করিলে দ্রাব অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণায় বিভক্ত হইয়া দ্রাবকের সহিত সম্পূর্ণভাবে মিশিয়া সমসত্ত্ব মিশ্রণ বা প্রকৃত দ্রবণ উৎপন্ন করে। দ্রবণে এই কণাগুলির ব্যাস 10^{-8} সে.মি. বা তারও কম থাকে। কিন্তু এই কণাগুলির ব্যাস 10^{-4} সে. মি. বা তারও বেশী হইলে উহারা দ্রাবকের অণুগুলির সহিত না মিশিয়া অদ্রাব্য অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে। অপরদিকে, এই কণাগুলির ব্যাস 10^{-5} হইতে 10^{-7} সেন্টিমিটারের মধ্যবর্তী হইলে উহারা প্রকৃত দ্রবণ উৎপন্ন করে না বা অধঃক্ষেপরূপে থিতাইয়া পড়ে না; উহারা দ্রাবকের মধ্যে প্রলম্বিত অবস্থায় থাকিয়া ইতস্ততঃ অবিরাম ছুটাছুটি করে এবং একটি মিশ্র দ্রবণ উৎপন্ন করে। এইরূপ দুইটি পদার্থের অসমসত্ত্ব মিশ্রণকে কোলয়েড দ্রবণ বলে। কোলয়েডীয় কণার জন্য এইরূপ দ্রবণের কতকগুলি বিশিষ্ট ধর্ম দেখা যায় যাহা প্রকৃত দ্রবণের থাকে না।

প্রকৃত দ্রবণ ও কোলয়েড দ্রবণের পার্থক্য—(১) প্রকৃত দ্রবণে দ্রাবের

কণাগুলি খুবই ছোট ; ইহাদের ব্যাস 10^{-8} সে. মি. বা তারও কম। কোলয়েড দ্রবণে কণাগুলি অপেক্ষাকৃত বড়, ইহাদের ব্যাস 10^{-5} হইতে 10^{-7} সে. মি.-এর মধ্যে। (২) প্রকৃত দ্রবণ ফিল্টার কাগজ বা ঝিল্লীর মধ্য দিয়া পরিস্রুত হয়। কোলয়েড দ্রবণ ফিল্টার কাগজের মধ্য দিয়া চলিয়া আসে কিন্তু ঝিল্লীর মধ্য দিয়া যাইতে পারে না। (৩) প্রকৃত দ্রবণ সমসত্ব ; খালি চোখে বা পরাণুবীক্ষণের সাহায্যে কণাগুলি দেখা যায় না। কোলয়েড দ্রবণ অসমসত্ব ; কণাগুলি খালি চোখে দেখা যায় না কিন্তু পরাণুবীক্ষণের সাহায্যে দেখা যায়। (৪) প্রকৃত দ্রবণের মধ্য দিয়া আলোকরশ্মি অবাধে চলাচল করে, ফলে দ্রবণটি স্বচ্ছ দেখায়। কোলয়েড দ্রবণের মধ্য দিয়া আলোকরশ্মি যাইবার সময় ভাসমান কোলয়েড কণা দ্বারা প্রতিহত হইয়া বিভিন্ন দিকে বিচ্ছুরিত হয়, ফলে ইহা অস্বচ্ছ দেখায়। (৫) প্রকৃত দ্রবণে কণাগুলি তড়িৎ-উদাসীন অণুরূপে অথবা সম-পরিমাণে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নরূপে থাকে। কিন্তু কোলয়েডীয় দ্রবণে কণাগুলি হয় পরা-তড়িৎযুক্ত নতুবা অপরা-তড়িৎযুক্ত অবস্থায় থাকে।

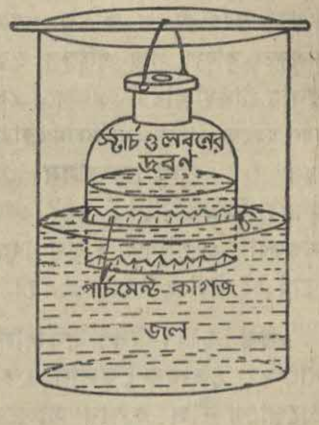
সল, জেল ও ইমালসন—জল মাধ্যমে যে কোলয়েড দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহা সল নামে পরিচিত। কিন্তু কঠিন মাধ্যমে তরলের কোলয়েডীয় দ্রবণকে জেল বলা হয়। সাধারণতঃ সল জলের মত এবং জেল জেলীর মত ঘন থকথকে হয়। স্টার্চ ও বার্লির দ্রবণ প্রভৃতি সল শ্রেণীভুক্ত এবং দধি, পনির, জেলি প্রভৃতি জেল শ্রেণীভুক্ত। আবার একটি তরল পদার্থ অপর একটি তরলে কোলয়েড কণারূপে অবস্থান করিলে তাহাকে ইমালসন বলা হয়। দুধ, ননী প্রভৃতি ইমালসন শ্রেণীভুক্ত।

কোলয়েডের উদাহরণ—কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় মাধ্যমে কোন কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থ কোলয়েডীয় কণারূপে বিস্তৃত থাকিয়া বিভিন্ন ধরণের কোলয়েড উৎপন্ন করে। নদীর ঘোলা জল ও আকাশের মেঘ উভয়েই কোলয়েডীয় দ্রবণ। প্রথমটিতে জলের মধ্যে সূক্ষ্ম মাটি বা বালির কণা ও দ্বিতীয়টিতে বায়ুর মধ্যে সূক্ষ্ম জলকণা ছড়াইয়া আছে। আবার গ্যাসীয় মাধ্যমে ধূলিকণা ও তরল মাধ্যমে গ্যাস বিস্তার লাভ করিয়া যথাক্রমে ধোঁয়া ও ফেনা সৃষ্টি করে। দুধ, চা, জেলি, দধি, রক্ত, রঙিন কাচ প্রভৃতিও কোলয়েডীয় দ্রবণ।

(খ) **ঝিল্লী-বিশ্লেষণ**—প্রাণীদেহের থলি, অপ্রবেশ্য ঝিল্লী বা পার্চমেন্ট কাগজ, কলয়িডন প্রভৃতি বিশেষ ফিল্টারের সাহায্যে কেলাসজাতীয় পদার্থ ও কোলয়েড দ্রবণের মিশ্রণ হইতে কোলয়েডের পৃথকীকরণ পদ্ধতিকে ঝিল্লী-বিশ্লেষণ বলে। ঝিল্লীর ছিদ্রপথ দিয়া কেলাসের অণু ও আয়নগুলি সহজেই অতিক্রম করে কিন্তু কোলয়েড কণাগুলি অতিক্রম করিতে পারে না।

পরীক্ষা : একটি ফানেলের মুখে একখণ্ড পার্চমেন্ট কাগজ দৃঢ়ভাবে সূতা দিয়া বাঁধা হয়। এইবার কোলয়েডীয় দ্রবণ যথা স্টার্চ দ্রবণ এবং সাধারণ সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ একত্রে মিশাইয়া এই মিশ্রণ দিয়া ফানেলটি ভর্তি করিতে হয় এবং উহাকে পাতিত জলপূর্ণ একটি পাত্রে অর্ধ-নিমজ্জিত অবস্থায় ঝুলাইয়া রাখা হয়

(চিত্র ৬)। প্রায় 30 মিনিট এইভাবে রাখিবার পর বাহিরের পাত্রমধ্যস্থ জল লইয়া উহাতে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ ঢালিলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা হইতে জলের ভিতর ক্লোরাইড আয়ন Cl^- অর্থাৎ সোডিয়াম ক্লোরাইডের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়। ইহা পার্চমেন্ট কাগজের মধ্য দিয়া বাহিরে চলিয়া আসে। কিন্তু সেই জলে আয়োডিন দ্রবণ যোগ করিলে কোন নীল বর্ণ সৃষ্টি করে না; ইহা প্রমাণ করে যে, জলের ভিতর স্টার্চের কোন অস্তিত্ব নাই। এইভাবে কোলয়েড ও প্রকৃত দ্রবণের পৃথকীকরণ সম্ভব হয়।



চিত্র ৬

ব্যবহার—কোলয়েড দ্রবণ প্রস্তুতির সময় সর্বদাই অন্যান্য দ্রাব ইহাতে অশুদ্ধিরূপে দ্রবীভূত থাকে। ঝিল্লী-বিশ্লেষণের মাধ্যমে দ্রবণস্থিত সেই দ্রাব দূরীভূত করিয়া বিশুদ্ধ কোলয়েড দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়।

প্রশ্ন : ৮৭। (ক) কেলাস ও কেলাসন কাহাকে বলে? অনিয়তাকার পদার্থ ও শেষ দ্রব কি? (খ) আংশিক কেলাসন বলিতে কি বুঝ? পুনঃ কেলাসন কি? অথবা, কেলাসনের উপকারিতা কি?

উত্তর : (ক) **কেলাস**—নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার বিশিষ্ট সমতল পৃষ্ঠ দ্বারা সীমাবদ্ধ সমসত্ত্ব কঠিন পদার্থকে কেলাস বা স্ফটিক বলে। দ্রবণ অথবা গ্যাসীয় বা তরল অবস্থা হইতে বিভিন্ন প্রক্রিয়ায় কেলাস উৎপন্ন হইবার সময় ইহা আপনা হইতেই এই নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার লাভ করে। কেলাস মাত্রেরই নিজস্ব একটি আকৃতি থাকে; যেমন সাধারণ লবণ ঘনক কিন্তু ফট্‌কিরি যুগ্ম শিখর আকৃতির কেলাস। একটি কেলাস ভাঙ্গিলে উহা হইতে প্রাপ্ত সমস্ত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কেলাসের আকৃতি মূল কেলাসটির সদৃশ হয়।

কেলাসন—অধিক উষ্ণতায় কোন কঠিন পদার্থের সংপৃক্ত বা অতি গাঢ় দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল করিলে বা লঘু দ্রবণকে ধীরে ধীরে বাষ্পীভূত করিলে বা উত্তাপ প্রয়োগে বিগলিত কোন পদার্থকে শীতল করিলে অথবা কোন কঠিন পদার্থকে ঊর্ধ্বপাতিত করিলে সেই পদার্থ যদি নিয়মিত সমতল পৃষ্ঠযুক্ত নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকারে বাহির হইয়া আসে তাহা হইলে সেই পদ্ধতিকে স্ফটিকীকরণ বা কেলাসন বলে।

অনিয়তাকার পদার্থ—যে সকল কঠিন পদার্থের কোন কেলাস আকার নাই এবং যাহারা আকারবিহীন বিচূর্ণ অবস্থায় পাওয়া যায় তাহাদিগকে অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ বলে; যথা চুন, কাচ, অঙ্গার প্রভৃতি।

শেষ দ্রব—দ্রবণ হইতে কেলাস পৃথক হইবার পর যে অবশিষ্ট সংপৃক্ত দ্রবণ পড়িয়া থাকে তাহাকে শেষ দ্রব বলে।

(খ) কেলাসন পদ্ধতিতে দুই উপায়ে কঠিন পদার্থ পরিশোধন করা হয়। (১) **আংশিক কেলাসন**—দুইটি পদার্থের দ্রাব্যতার পার্থক্য বেশী হইলে উহাদের মিশ্র সংপৃক্ত দ্রবণ শীতল করিলে প্রথমে কম দ্রবণীয় পদার্থটির কেলাস পৃথক হয়। উহা পরিস্রুত করিয়া পরে পরিস্রুত দ্রবণকে আরও শীতল করিলে বেশী দ্রবণীয় পদার্থটির কেলাস পাওয়া যায়। এইভাবে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম নাইট্রেটের মিশ্র দ্রবণ হইতে প্রথমে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও পরে পটাসিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত করা হয়। (২) **পুনঃ কেলাসন**—কেলাসন পদ্ধতিতে প্রাপ্ত কেলাসের সহিত অন্যান্য অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। সেই কেলাসকে পুনরায় উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত করিয়া কয়েকবার কেলাসিত করিলে বিশুদ্ধ কেলাস পাওয়া যায়। জৈব ও অজৈব কঠিন পদার্থ এই উপায়ে বিশুদ্ধ করা হয়।

প্রশ্ন : ৮৮। (ক) কেলাস-জল কি? ইহা কিভাবে কেলাসে আবদ্ধ থাকে? সোদক কেলাস ও অনার্দ্র কেলাস কাহাকে বলে? (খ) উত্তাপ প্রয়োগে নীল কপার সালফেট কেলাসের উষ্ণতা ক্রমশঃ বৃদ্ধি করিলে কি পরিবর্তন ঘটে? (গ) পরীক্ষাগারে বেরিয়াম ক্লোরাইড স্ফটিকে কিরূপে কেলাস-জলের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

উত্তর : (ক) কেলাস-জল—জলীয় দ্রবণ হইতে কেলাসনের সময় কোন কোন স্ফটিকের প্রত্যেক অণুর সঙ্গে এক বা একাধিক নির্দিষ্ট জলের অণু সংযুক্ত থাকে। কেলাস গঠনের এই জলকে কেলাস জল বা স্ফটিক জল বলে। প্রত্যেক সোদক কেলাসে জলের অণুর সংখ্যা নির্দিষ্ট থাকে এবং এই কেলাস জলের উপর স্ফটিকের আকৃতি ও কোন কোন সময়ে স্ফটিকের বর্ণও নির্ভর করে। যেমন কপার সালফেট দ্রবণ হইতে নীল কপার সালফেট কেলাস $CuSO_4.5H_2O$ উৎপন্ন হইবার সময় উহার প্রতি অণুর সঙ্গে সর্বদাই পাঁচটি জলের অণু থাকে।

কেলাস-জলের অণুগুলি মূল পদার্থের অণুর সহিত শিথিল রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ থাকে, উহারা কেলাসে সাধারণ স্থূলভাবে মিশ্রিত থাকে না। কেলাস-জলের অণুগুলি আপনা-আপনি কিংবা উত্তাপ প্রয়োগে মূল পদার্থের অণু হইতে বিচ্ছিন্ন হইতে পারে।

সোদক কেলাস ও **অনার্দ্র কেলাস**—যে সমস্ত কেলাস দ্রবণ হইতে উৎপন্ন হইবার সময় উহাদের অণুতে এক বা একাধিক জলের অণু বহন করে তাহাদিগকে সোদক কেলাস বলে। যেমন ফেরাস সালফেট ($FeSO_4.7H_2O$), ফট্‌কিরি [$K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$], ধৌতি-সোডা ($Na_2CO_3.10H_2O$) প্রভৃতি সোদক কেলাস। যে সমস্ত কেলাসে কোন জলের অণু থাকে না তাহাদিগকে অনার্দ্র কেলাস বলে। সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl), পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) প্রভৃতি অনার্দ্র কেলাস।

(খ) নীল কপার সালফেট ($CuSO_4.5H_2O$) সোদক উদ্ত্যাগী কেলাস। উত্তপ্ত করিলে প্রথমে 100°C উষ্ণতায় ইহা কেলাস-জলের অণু আংশিক ত্যাগ করিয়া হাল্কা নীলাভ অনিয়তাকার গুঁড়া $CuSO_4.H_2O$ উৎপন্ন করে এবং পরে 250°C

উষ্ণতায় অনার্দ্র সাদা গুঁড়ায় পরিণত হয়। অত্যধিক উষ্ণতায় (750°C) ইহা বিয়োজিত হইয়া কালো কপার অক্সাইড গঠন করে : $CuSO_4 = CuO + SO_3$.

(গ) **নীতি**—সাধারণতঃ কোন সোদক স্ফটিকে কেলাস-জলের পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য প্রকৃতি অনুযায়ী কোন একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় পদার্থটিকে উত্তপ্ত করিলে উহার কেলাস-জল সম্পূর্ণ বাষ্পীভূত হইয়া অনার্দ্র লবণে পরিণত হয়। সোদক লবণ ও অনার্দ্র লবণের ওজনের পার্থক্য হইতে কেলাস-জলের পরিমাণ বাহির হয়।

পরীক্ষা—ঢাকনাসমেত ওজন-করা একটি শুষ্ক পোর্সিলেন মুচিতে খানিকটা বিশুদ্ধ বেরিয়াম ক্লোরাইডের দানা লইয়া পুনরায় উহার ওজন লওয়া হয়। ঢাকনাটি একটু ফাঁক রাখিয়া মুচিটিকে একটি অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত ত্রিকোণের উপর বসাইয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উহাকে প্রথমে ধীরে ধীরে ও পরে প্রায় 20 মিনিট অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়; ইহাতে কেবলমাত্র কেলাস-জল বাষ্পাকারে দূরীভূত হয়, অনার্দ্র পদার্থটির কোন বিযোজন ঘটে না। পরে মুচিটি শোষকাধারে ঠাণ্ডা করার পর ঢাকনাসমেত উহার ওজন লওয়া হয়। শেষ দুই ওজন সমান না হওয়া পর্যন্ত মুচিটিকে উত্তপ্ত করিয়া ও পরে শোষকাধারে রাখিয়া ঠাণ্ডা করার পর ওজন করিতে হয়।

গণনা : ঢাকনাসমেত মুচির ওজন $= x$ গ্রাম, ঢাকনাসমেত মুচি+বেরিয়াম ক্লোরাইড কেলাসের ওজন $= y$ গ্রাম, এবং ঢাকনাসমেত মুচি+অনার্দ্র বেরিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= z$ গ্রাম।

সুতরাং বেরিয়াম ক্লোরাইড কেলাসের ওজন $=(y-x)$ গ্রাম এবং কেলাস জলের ওজন $=(y-z)$ গ্রাম। অর্থাৎ $(y-x)$ গ্রাম বেরিয়াম ক্লোরাইড কেলাসের মধ্যে $(y-z)$ গ্রাম জল-অণু থাকে। সুতরাং বেরিয়াম ক্লোরাইড স্ফটিকে কেলাস জলের

শতকরা পরিমাণ $= \dfrac{(y-z)}{(y-x)} \times 100.$

প্রশ্ন : ৮৯। উদত্যাগ ও উদগ্রহণ বলিতে কি বুঝ? উদত্যাগী ও উদগ্রাহী পদার্থ কি? উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর। জলাকর্ষী পদার্থ কাহাকে বলে?

উত্তর : উদ্‌ত্যাগ ও উদত্যাগী পদার্থ—উন্মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে রাখিলে যে ধর্মের জন্য স্বাভাবিকভাবে সোদক স্ফটিক উহার অন্তঃস্থিত কেলাস-জল আংশিক বা সম্পূর্ণভাবে বায়ুতে বাষ্পাকারে ত্যাগ করিয়া অনিয়তাকার পদার্থে পরিণত হয় তাহাকে উদ্‌ত্যাগ বলে এবং এইরূপ সোদক স্ফটিককে উদত্যাগী পদার্থ বলা হয়। সোদক স্ফটিকে কেলাস-জলের বাষ্প-চাপ বায়ুস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ অপেক্ষা বেশী হইলে উহা হইতে জল বায়ুতে চলিয়া যায়। ধৌতি-সোডা ($Na_2CO_3.10H_2O$), গ্লবার লবণ ($Na_2SO_4.10H_2O$) প্রভৃতি উদ্‌ত্যাগী স্ফটিক। ধৌতি-সোডার কেলাস বায়ুতে রাখিয়া দিলে উহার 10-টি জলের অণুর মধ্যে ৯-টি বাষ্পীভূত হয় এবং $Na_2CO_3.H_2O$ চূর্ণ পড়িয়া থাকে।

উদগ্রহণ ও উদগ্রাহী পদার্থ—উন্মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে রাখিলে যে ধর্মের জন্য

কতকগুলি উচ্চ দ্রাব্যতাবিশিষ্ট পদার্থ স্বাভাবিকভাবে বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া ঐ জলেই দ্রবীভূত হইয়া তরল দ্রবণ সৃষ্টি করে তাহাকে উদ্‌গ্রহণ বলে এবং এইরূপ অনার্দ্র পদার্থকে উদ্‌গ্রাহী পদার্থ বলা হয়। এই সকল পদার্থের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ অপেক্ষা কম বলিয়া উহারা বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া সেই জলে দ্রবীভূত হইতে থাকে। কষ্টিক সোডা, ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি উদ্‌গ্রাহী পদার্থ। ইহাদিগকে একটি পাত্রে রাখিয়া দিলে বায়ু হইতে দ্রুত জলীয় বাষ্প সংগ্রহ করিয়া প্রথমে চট্‌চটে ও পরে তরলে পরিণত হয়।

জলাকর্ষী পদার্থ—যে সকল অনার্দ্র স্ফটিক বা অনিয়তাকার পদার্থ বায়ুতে রাখিলে বায়ুস্থিত জলীয় বাষ্প শোষণ করে কিন্তু উহাতে দ্রবীভূত হয় না তাহাদিগকে জলাকর্ষী বলে। ইহারা সংগৃহীত জলের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ভিন্ন পদার্থে রূপান্তরিত হয় বলিয়া দ্রবণ সৃষ্টি করে না। চুণ, ফসফরাস পেণ্টক্সাইড, অনার্দ্র কপার সালফেট প্রভৃতি জলাকর্ষী পদার্থ।

প্রশ্ন : ৯০। (ক) দ্রাব্যতা-গুণফল কাহাকে বলে। উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর। (খ) দ্রাব্যতা ও দ্রাব্যতা-গুণফলের মধ্যে পার্থক্য কি? (গ) রাসায়নিক বিশ্লেষণে দ্রাব্যতা-গুণফল নীতির প্রয়োগের দুইটি উদাহরণ দাও।

উত্তর : (ক) দ্রাব্যতা-গুণফল—নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এক গ্রাম-অণু স্বল্প দ্রাব্য তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের সংপৃক্ত দ্রবণে উৎপন্ন আয়নদ্বয়ের উপযুক্ত ঘাত সমন্বিত প্রত্যেকটি আয়নের গাঢ়ত্বের গুণফলকে উক্ত লবণের দ্রাব্যতা-গুণফল বলে ; অর্থাৎ স্বল্প দ্রবণীয় লবণের আয়ন-গাঢ়ত্বের সর্বোচ্চ গুণফলই দ্রাব্যতা-গুণফল।

ব্যাখ্যা—NaCl, $CuSO_4$ প্রভৃতি লবণ জাতীয় তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্যগুলি জলে প্রায় 100% বিয়োজিত হইয়া আয়ন উৎপন্ন করে ; অতিরিক্ত কঠিন পদার্থ অবিয়োজিত অবস্থায় নীচে পড়িয়া থাকে। এক্ষেত্রে বিয়োজিত আয়নগুলি অদ্রাব্য কঠিন দ্রাবের সহিত ভরক্রিয়া সূত্র অনুসারে সাম্যাবস্থা বজায় রাখে। যেমন AgCl-এর সংপৃক্ত দ্রবণের বিয়োজনের ক্ষেত্রে পাই, AgCl (কঠিন) $\rightleftharpoons$ AgCl (দ্রবীভূত) $\rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$. আবার দ্রবীভূত AgCl সংপৃক্ত দ্রবণে সম্পূর্ণভাবে বিয়োজিত হয়। অতএব উৎপন্ন Ag^+ ও Cl^- আয়নের গাঢ়ত্ব $[Ag^+]$ এবং $[Cl^-]$ হইলে ভরক্রিয়া সূত্র অনুযায়ী, সাম্য ধ্রুবক $K = \frac{[Ag^+] \times [Cl^-]}{[AgCl\ (\text{কঠিন})]}$; অথবা, $K \times [AgCl\ (\text{কঠিন})] = [Ag^+] \times [Cl^-]$. যেহেতু কঠিন পদার্থের অল্প-সংখ্যক অণু বিয়োজিত হয়, সেইজন্য AgCl-এর গাঢ়ত্ব, [AgCl (কঠিন)] ধ্রুবক থাকে এবং ইহাকে 1 ধরা হয়। সুতরাং $[Ag^+] \times [Cl^-] = K_s =$ ধ্রুবক। এই K_s-কে AgCl লবণের দ্রাব্যতা-গুণফল বলে এবং উহা সংপৃক্ত দ্রবণে উৎপন্ন Ag^+ ও Cl^- আয়নদ্বয়ের গাঢ়ত্বের গুণফলের সমান। এখন স্বল্প দ্রবণীয় BA লবণের দ্রাব্যতা S মোলার বা S গ্রাম-অণু/লিটার ধরিলে, ($[B^+] = S$ এবং

$[A^-]=S$; অতএব $K_s=[B^+]\times[A^-]=S\times S=S^2$. সাধারণভাবে $BxAy$ লবণের ক্ষেত্রে দ্রাব্যতা-গুণফল $K_s=x^x.y^y.S^{x+y}$, S লবণের দ্রাব্যতা বুঝায়।

(খ) **দ্রাব্যতা ও দ্রাব্যতা-গুণফল**—[প্রথম ৮৩ (ক) ও ৯০ (ক) নং উত্তর অনুযায়ী উহাদের সংজ্ঞা লিখ।] অতএব কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রাব্যতার সহিত দ্রাব্যতা-গুণফলের সম্পর্ক বিদ্যমান। কিন্তু উহাদের মধ্যে পার্থক্য এই যে সম-আয়নের উপস্থিতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রাব্যতা হ্রাস পাইলেও দ্রাব্যতা-গুণফল ধ্রুবক থাকে। যেমন স্বল্প দ্রবণীয় AB-এর সংপৃক্ত দ্রবণে ($K_s=[B^+]\times[A^-]$) বাহির হইতে কোন পদার্থ যোগ করিলে যদি একই B^+(বা A^-) আয়ন উৎপন্ন করে, তবে দ্রবণে B^+ (বা A^-) আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়ে। কিন্তু AB-এর দ্রাব্যতা-গুণফল, K_s ধ্রুবকের মান নির্দিষ্ট বলিয়া অপর A^- (বা B^+) আয়নের গাঢ়ত্ব হ্রাস পাইবে, ফলে কিছু A^- এবং B^+ আয়ন পরস্পর যুক্ত হইয়া কঠিন AB উৎপন্ন করিবে। অতএব যে-কোন ভাবে দ্রবণে আয়নদ্বয়ের গাঢ়ত্বের গুণফল দ্রাব্যতা-গুণফলের অধিক হইলে অতিরিক্ত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কঠিনরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। সেইজন্য তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রাব্যতা হ্রাস পায়।

(গ) যে-কোন পদার্থের আয়ন-গাঢ়ত্বের গুণফল দ্রাব্যতা-গুণফলের বেশী হইলেই উহা দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই নীতি প্রয়োগ দ্বারা মাত্রিক বিশ্লেষণে বিভিন্ন ধাতব যৌগ বিভিন্ন অবস্থায় অধঃক্ষিপ্ত করিয়া উহাদিগকে ভিন্ন ভিন্ন শ্রেণী বা গ্রুপে বিভক্ত করা হয়।

(১) জলীয় দ্রবণে ক্ষীণ অ্যাসিড H_2S অল্প পরিমাণে বিয়োজিত হয়: $H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^=$ ইহাতে HCl যোগ করিলে বিয়োজনের ফলে ($HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$) সম-আয়ন H^+-এর উপস্থিতিতে দ্রবণে H_2S-এর বিয়োজন হ্রাস পায়; ফলে দ্রবণে $S^=$ আয়নের গাঢ়ত্ব কম হয়। সুতরাং, HCl দ্বারা অম্লীকৃত গ্রুপ II-এর অন্তর্গত Hg^{++}, Pb^{++}, Cu^{++}, Bi^{+++}, Cd^{++}, As^{+++}, Sb^{+++}, Sn^{++} আয়ন-বিশিষ্ট দ্রবণের ভিতর দিয়া H_2S চালিত করিলে ধাতব আয়ন ও সালফাইড আয়নের গাঢ়ত্বের গুণফল উহাদের নিজ নিজ সালফাইডের দ্রাব্যতা-গুণফলের মান অতিক্রম করে বলিয়া উপরোক্ত ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। কিন্তু এই অবস্থায় III, IV ও V শ্রেণীর অন্তর্গত Fe, Zn, Mn, Ni, Co, Ca, Mg প্রভৃতির সালফাইডের দ্রাব্যতা-গুণফলের মান নীচে থাকে বলিয়া উহারা অধঃক্ষিপ্ত হয় না।

(২) গ্রুপ III-এর অধঃক্ষেপন-বিকারক NH_4OH একটি মৃদু ক্ষার; $NH_4OH \rightleftharpoons NH_2^+ + OH^-$. ইহাতে NH_4Cl যোগ করিলে উৎপন্ন সম-আয়ন NH_4^+-এর উপস্থিতিতে OH^- আয়নের মাত্রা আরও হ্রাস পায়। সুতরাং Fe, Al, Cr, Zn, Mn, Co, Ni, Ca, Mg লবণের জলীয় দ্রবণে NH_4OH ও NH_4Cl দুই-ই যোগ করিলে শুধু গ্রুপ III(A)-এর ধাতব মূলক Fe, Al ও Cr-এর হাইড্রক্সাইডগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয়; কারণ ইহাদের দ্রাব্যতা-গুণফলের মান কম বলিয়া এ অবস্থায় উহারা অতিক্রম করে। অতঃপর দ্রবণে H_2S প্রবাহিত করিলে ইহার বিয়োজনে $S^=$

আয়নের গাঢ়ত্বের আধিক্য হেতু গ্রুপ III(B)-এর ধাতব মূলক Co, Ni, Mn ও Zn-এর ধাতব সালফাইডগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

(ক) দ্রাব্যতা সম্পর্কিত :

১। 5·1 গ্রাম চিনি 2·5 গ্রাম জলে দ্রবীভূত হইয়া সংপৃক্ত চিনির দ্রবণ প্রস্তুত করিলে উহার দ্রাব্যতা কত হইবে ?

উত্তর : 2·5 গ্রাম জলে 5·1 গ্রাম চিনি দ্রবীভূত থাকে। অতএব 100 গ্রাম জলে দ্রবীভূত চিনির পরিমাণ $=\frac{5{\cdot}1\times 100}{2{\cdot}5}=204$ গ্রাম। সুতরাং চিনির দ্রাব্যতা $=204$.

২। কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 25 গ্রাম সংপৃক্ত দ্রবণে 3·5 গ্রাম লবণ থাকিলে উহার দ্রাব্যতা কত ?

উত্তর : লবণের ওজন $=3{\cdot}5$ গ্রাম এবং জলের ওজন $=(25{\cdot}0-3{\cdot}5)=21{\cdot}5$ গ্রাম।

সুতরাং লবণের দ্রাব্যতা $=\frac{3{\cdot}5\times 100}{21{\cdot}5}=16{\cdot}28$.

৩। 30°C উষ্ণতায় একটি লবণের দ্রাব্যতা 45 ; ঐ উষ্ণতায় 67·5 গ্রাম লবণের সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ জল লাগিবে ?

উত্তর : 45 গ্রাম লবণের সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুতিতে 100 গ্রাম জল লাগে। অতএব 67·5 গ্রাম লবণের সংপৃক্ত দ্রবণের জন্য জলের প্রয়োজন $=\frac{100\times 67{\cdot}5}{45}=150$ গ্রাম।

৪। 40°C উষ্ণতায় কোন পদার্থের 1 সি.সি. সংপৃক্ত দ্রবণে 25 গ্রাম পদার্থ আছে। দ্রবণের আপেক্ষিক ঘনত্ব 0·65 হইলে, 40°C উষ্ণতায় পদার্থটির দ্রাব্যতা কত ?

উত্তর : 150 সি. সি. সংপৃক্ত দ্রবণের ওজন $=150\times 0{\cdot}65=97{\cdot}5$ গ্রাম। এই দ্রবণে জলের পরিমাণ $=(97{\cdot}5-25{\cdot}0)=72{\cdot}5$ গ্রাম। অতএব 72·5 গ্রাম জলে 25 গ্রাম পদার্থ দ্রবীভূত থাকিয়া সংপৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে।

সুতরাং পদার্থটির দ্রাব্যতা $=\frac{25\times 100}{72{\cdot}5}=34{\cdot}48$.

৫। 75 সি. সি. ফুটন্ত জলে 50 গ্রাম লেড নাইট্রেট দ্রবীভূত করা যায়। দ্রবণটি 20°C উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করিলে কি পরিমাণ দ্রাব কেলাসিত হইবে ? (20°C উষ্ণতায় লেড নাইট্রেটের দ্রাব্যতা 54·4)।

উত্তর : 20°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম অর্থাৎ 100 সি. সি. জলে 54·4 গ্রাম লেড নাইট্রেট দ্রবীভূত থাকিতে পারে। সুতরাং ঐ উষ্ণতায় 75 সি. সি. অর্থাৎ 75 গ্রাম জলে $\frac{54{\cdot}4\times 75}{100}=40{\cdot}81$ গ্রাম লেড নাইট্রেট দ্রবীভূত থাকিবে।

সুতরাং দ্রবণটিকে ফুটন্ত অবস্থা হইতে 20°C উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করিলে (50 − 40·81) = 9·19 গ্রাম লেড নাইট্রেট পৃথক তথা কেলাসিত হইবে।

৬। 60°C উষ্ণতায় একটি লবণ দ্বারা সংপৃক্ত 30 গ্রাম জল 25°C পর্যন্ত শীতল করা হইল। কি পরিমাণ লবণ পৃথক হইবে গণনা কর। (লবণের দ্রাব্যতা 60°C-এ 425 ও 25°C-এ 178.)

উত্তর : 100 গ্রাম জলে 60°C উষ্ণতায় সর্বাধিক 425 গ্রাম এবং 25°C উষ্ণতায় সর্বাধিক 178 গ্রাম লবণ থাকে। অতএব 60°C হইতে 25°C-এ শীতল করিলে 100 গ্রাম জল হইতে (425 − 178) = 247 গ্রাম লবণ পৃথক হয়। সুতরাং 30 গ্রাম জল হইতে $\frac{247\times30}{100}=74\text{·}1$ গ্রাম লবণ পৃথক হইবে।

(খ) কেলাস জল সম্পর্কিত :

৭। কপার সালফেট কেলাসে 36·07% কেলাস-জল আছে। 25 গ্রাম কপার সালফেট কেলাস উত্তপ্ত করিলে ওজনের কত হ্রাস হইবে নির্ণয় কর।

উত্তর : 100 গ্রাম কপার সালফেট কেলাসে 36·07 গ্রাম কেলাস-জল আছে। অতএব 25 গ্রাম কপার সালফেট কেলাসে $\frac{36\text{·}07\times25}{100}=9\text{·}0175$ গ্রাম কেলাস-জল থাকে। উত্তপ্ত করিলে এই কেলাস-জল সম্পূর্ণরূপে বাষ্পীভূত হয়; ফলে ওজন হ্রাস পায়।

সুতরাং, ওজন হ্রাসের পরিমাণ = 9·0175 গ্রাম।

৮। এপসম লবণের সংকেত $MgSO_4.nH_2O$; 1·05 গ্রাম পদার্থ উত্তপ্ত করিলে ওজন কমিয়া 0·512 গ্রামে অপরিবর্তিত থাকে। n-এর মান কত ?

উত্তর : 1·05 গ্রাম এপসম লবণে কেলাস-জলের পরিমাণ = (1·05 − 0·512) = 0·538 গ্রাম। এখন অনার্দ্র $MgSO_4$-এর গ্রাম-আণবিক ওজন = (24 + 32 + 16 × 4) = 120 গ্রাম। যেহেতু 0·512 গ্রাম $MgSO_4$ 0·538 গ্রাম কেলাস-জলের সহিত যুক্ত থাকে, অতএব 120 গ্রাম $MgSO_4$-এর সহিত যুক্ত কেলাস-জলের ওজন $=\frac{0\text{·}538\times120}{0\text{·}512}=126\text{·}09$ গ্রাম।

সুতরাং, কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা $=\frac{126\text{·}09}{18}=7$. অর্থাৎ n = 7.

৯। 1 গ্রাম বেরিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস উত্তপ্ত করিলে 0·853 গ্রাম নিরুদক লবণ অবশিষ্ট থাকে। কেলাসিত লবণের সংকেত বাহির কর।

উত্তর : মনে করিলাম, বেরিয়াম ক্লোরাইড কেলাসের সংকেত $BaCl_2.nH_2O$, n = কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা। এখন কেলাস-জলের ওজন = (1·0 − 0·853) = 0·147 গ্রাম এবং $BaCl_2$-এর গ্রাম-আণবিক ওজন = (137 + 35·5 × 2) = 208 গ্রাম। যেহেতু 0·853 গ্রাম $BaCl_2$ 0·147 গ্রাম কেলাস-জলের সহিত যুক্ত থাকে,

অতএব 208 গ্রাম $BaCl_2$-এর সহিত যুক্ত কেলাস-জলের পরিমাণ $=\frac{0.147\times 208}{0.853}$

$=35.85$ গ্রাম।

$\therefore\ n=\frac{35.84}{18}=2$; সুতরাং লবণের সংকেত $=BaCl_2.2H_2O$.

১০। 0.3615 গ্রাম একটি ধাতুর সোদক ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিলে 0.1825 গ্রাম অনার্দ্র লবণ পাওয়া যায়। কেলাসিত লবণের আণবিক ওজন 110 হইলে উক্ত লবণে কয়টি কেলাস-জলের অণু আছে নির্ণয় কর।

উত্তর : 0.3615 গ্রাম সোদক ক্লোরাইডে কেলাস-জলের পরিমাণ $=(0.3615-0.1825)=0.179$ গ্রাম। যেহেতু 0.1825 গ্রাম অনার্দ্র ক্লোরাইড 0.179 গ্রাম কেলাস-জলের সহিত যুক্ত থাকে ; অতএব 110 গ্রাম অনার্দ্র ক্লোরাইডের সহিত যুক্ত কেলাস-জলের পরিমাণ $=\frac{0.179\times 110}{0.1825}=107.9$ গ্রাম।

সুতরাং সোদক ক্লোরাইডে কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা $=\frac{107.6}{18}=6$.

(গ) দ্রাব্যতা-গুণফল সম্পর্কিত :

১১। $BaSO_4$-এর দ্রাব্যতা 0.00233 গ্রাম/লিটার হইলে উহার দ্রাব্যতা-গুণফল কত ?

উত্তর : $BaSO_4$-এর আণবিক ওজন $=137+32+16\times 4=233$. যেহেতু $BaSO_4$-এর দ্রাব্যতা $=0.00233$ গ্রাম/লিটার, অতএব ইহার গাঢ়ত্ব $=\frac{0.00233}{233}$ $=1\times 10^{-5}$ গ্রাম-অণু/লিটার ; অর্থাৎ, $[Ba^{++}]=[SO_4^{=}]=1\times 10^{-5}$ গ্রাম-আয়ন/লিটার।

সুতরাং $BaSO_4$-এর দ্রাব্যতা-গুণফল $=[Ba^{++}]\times[SO_4^{=}]=(1\times 10^{-5})^2$ $=1\times 10^{-10}$.

১২। CaF_2-এর দ্রাব্যতা 0.0002 মোল/লিটার। উহার দ্রাব্যতা-গুণফল কত ?

উত্তর : CaF_2 বিয়োজিত হইয়া 1-টি Ca^{++} আয়ন এবং 2-টি F^- আয়ন দেয়। অতএব $[Ca^{++}]=0.0002$ গ্রাম-আয়ন/লিটার এবং $[F^-1=2\times 0.0002$ $=0.0004$ গ্রাম-আয়ন/লিটার।

সুতরাং CaF_2-এর দ্রাব্যতা-গুণফল $=[Ca^{++}]+[F^-]^2=0.0002\times(0.0004)^2$ $=3.2\times 10^{-11}$.

অনুশীলনী—৭

১। 20°C উষ্ণতায় 76 গ্রাম চিনির সংপৃক্ত দ্রবণে 51 গ্রাম চিনি আছে। ঐ উষ্ণতায় চিনির দ্রাব্যতা নির্ণয় কর। [উঃ 204 গ্রাম]

২। 40°C উষ্ণতায় গ্রবার লবণের দ্রাব্যতা 49 ; ঐ লবণের 264·6 গ্রামের সহিত কি পরিমাণ জল মিশাইলে একই উষ্ণতায় সংপৃক্ত লবণ উৎপন্ন করিবে ? [উঃ 540 গ্রাম]

৩। 35°C উষ্ণতায় 25·5 গ্রাম সংপৃক্ত দ্রবণে 10·5 গ্রাম কঠিন পদার্থ আছে। ঐ উষ্ণতায় পদার্থটির দ্রাব্যতা কত ? [উঃ 70]

৪। 100°C উষ্ণতায় 100 সি. সি. জলে 60 গ্রাম লবণ দ্রবীভূত হয়। 20°C উষ্ণতায় লবণের দ্রাব্যতা 35 হইলে কি পরিমাণ লবণ কেলাসিত হইবে ? [উঃ 5 গ্রাম]

৫। সোডিয়াম কার্বনেট কেলাসে 62·94% কেলাস-জল থাকে। 1·43 গ্রাম কেলাস উত্তপ্ত করিলে কি পরিমাণ ওজন হ্রাস পাইবে ? [উঃ 0·9 গ্রাম]

৬। 1·5 গ্রাম সোদক ক্লোরাইড লবণ উত্তপ্ত করিলে 0·76 গ্রাম নিরুদক লবণ অবশিষ্ট থাকে। ঐ লবণে কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা কত ? [উঃ 6]

৭। 1·0 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম সালফেট কেলাস উত্তপ্ত করিলে 0·512 গ্রাম জল নির্গত হয় এবং অনার্দ্র সালফেট পাওয়া যায়। সোদক কেলাসের সংকেত কি ? [উঃ $MgSO_4.7H_2O$]

৮। খড়িমাটির দ্রাব্যতা 0·0305 গ্রাম/লিটার হইলে উহার দ্রাব্যতা-গুণফল গণনা কর। [উঃ $9·3 \times 10^{-8}$]

প্রশ্ন ঃ ৯১। (ক) বয়েল সূত্র ও চার্লস সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। (খ) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপ অথবা প্রমাণ অবস্থা বলিতে কি বুঝ?

উত্তর ঃ (ক) **বয়েল সূত্র**—নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন উহার চাপের সহিত বিপরীত তথা ব্যস্ত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

ব্যাখ্যা—উষ্ণতা স্থির রাখিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের উপর চাপ দ্বিগুণ করিলে গ্যাসের আয়তন পূর্বের আয়তনের অর্ধেক হইবে ; আবার চাপ অর্ধেক করিলে গ্যাসের আয়তন দ্বিগুণ হইবে। যদি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ P এবং আয়তন V হয়, তবে বয়েল সূত্র অনুসারে $V \propto \frac{1}{P}$; বা $V = \frac{k}{P}$; অর্থাৎ $PV = k$ (k=একটি নিত্য-সংখ্যা)। অতএব নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল সর্বদা সমান থাকে। সুতরাং $PV = P_1V_1 = P_2V_2 =$ ইত্যাদি, যখন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে V_1, V_2, V_3 ইত্যাদি হয়।

চার্লস সূত্র—নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি 1°C উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য উহার 0°C উষ্ণতার আয়তনের $\frac{1}{273}$ গুণ বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

ব্যাখ্যা—কোন নির্দিষ্ট চাপে 0°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন V_0 সি.সি. আছে ; 10°C ও −10°C উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে V_a সি.সি. ও V_b সি. সি. হইলে চার্লস সূত্র অনুসারে $V_a = V_0 + V_0 \cdot \frac{10}{273} = V_0\left(1+\frac{10}{273}\right)$ $= V_0 \frac{283}{273}$ সি. সি.। একইভাবে, $V_b = V_0 + V_0 \frac{(-10)}{273} = V_0\left(1-\frac{10}{273}\right)$ $= V_0 \cdot \frac{264}{273}$ সি. সি.।

(খ) 0°C বা 273°A উষ্ণতা এবং 760 মিলিমিটার বায়ু-চাপকে একত্রে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপ অথবা প্রমাণ অবস্থা বলে। ইহা সংক্ষেপে N.T.P. বা S.T.P. রূপে লেখা হয়।

প্রশ্ন ঃ ৯২। (ক) পরম শূন্য কাহাকে বলে? ইহার তাৎপর্য কি? উষ্ণতার পরম মাত্রা ও পরম উষ্ণতা কাহাকে বলে? (খ) পরম উষ্ণতার হারে চার্লস সূত্র বিবৃত কর। অথবা, পরম উষ্ণতা ও গ্যাসের আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। এই সূত্রটির অন্য নাম কি?

উত্তর : (ক) [প্রথমে ৯১ (ক) নং উত্তর অনুযায়ী চার্লস সূত্র লিখ] এখন নির্দিষ্ট চাপে $0^\circ C$ উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন V_0 সি.সি. হইলে, চার্লস সূত্র অনুসারে $1^\circ C$ উষ্ণতায় উহার আয়তন$=V_0+V_0\frac{1}{273}=V_0(1+\frac{1}{273})$ সি.সি. ; $\therefore$ $t^\circ C$ উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন$=V_0+V_0\cdot\frac{t}{273}=V_0(1+\frac{t}{273})$ সি.সি.। অনুরূপে $-t^\circ C$ উষ্ণতায় উহার আয়তন$=V_0(1-\frac{t}{273})$ সি.সি. এবং $-273^\circ C$ উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন$=V_0(1-\frac{273}{273})=0$ সি.সি. ; অর্থাৎ $-273^\circ C$ উষ্ণতায় গ্যাসের কোন আয়তন থাকে না। এই সর্বনিম্ন $-273^\circ C$ উষ্ণতায় সকল গ্যাসের আয়তন লোপ পায় বা শূন্য হয় বলিয়া ইহাকে পরম শূন্য বলে। এই পরম শূন্য অর্থাৎ $-273^\circ C$ উষ্ণতাকে শূন্য ধরিয়া যদি সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী হারে উষ্ণতা মাপা হয় তবে উহাকে উষ্ণতার পরম মাত্রা বলে। পরম মাত্রা বা স্কেল অনুসারে যে উষ্ণতা মাপা হয় তাহাকে পরম উষ্ণতা বলা হয়। এক্ষেত্রে $-273^\circ C$ উষ্ণতাকে $0^\circ A$ ধরিলে পরম উষ্ণতা পাওয়া যায়। ইহাকে $T^\circ A$ বা আবিষ্কারক লর্ড কেলভিনের নামানুসারে $T^\circ K$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সুতরাং সেন্টিগ্রেড মাত্রার সহিত 273 যোগ করিলে পরম মাত্রার উষ্ণতা বাহির হয় ; যেমন $0^\circ C=273^\circ A$; $100^\circ C=(273+100)^\circ A$ বা $373^\circ A$. সাধারণভাবে $t^\circ C=(273+t)^\circ A=T^\circ A$.

(খ) নির্দিষ্ট চাপে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন $0^\circ C$, $t_1^\circ C$ ও $t_2^\circ C$ উষ্ণতায় যথাক্রমে V_0, V_1 ও V_2 সি.সি. হইলে চার্লস সূত্র অনুসারে পাই,

$$V_1=V_0\left(\frac{273+t_1}{273}\right) \text{ সি.সি. এবং } V_2=V_0\left(\frac{273+t_2}{273}\right) \text{ সি.সি.।}$$

$$\therefore \quad \frac{V_1}{V_2}=\frac{273+t_1}{273+t_2}=\frac{T_1}{T_2}; \text{ অথবা } \frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}=\text{নিত্য-সংখ্যা } k. \text{ অর্থাৎ } V\propto T$$

যখন চাপ P স্থির থাকে। সুতরাং চার্লস সূত্র অন্যভাবে লেখা যায়। নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন পরম উষ্ণতার সহিত সমান অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

গে-লুসাক উষ্ণতার পরম মাত্রা ব্যবহার করিয়া চার্লস সূত্রের সাহায্যে নির্দিষ্ট ভরের যে-কোন গ্যাসের আয়তন ও উষ্ণতার মধ্যে উপরোক্ত সম্পর্ক নির্ধারণ করেন বলিয়া ইহাকে **গে-লুসাক সূত্রও** বলা হয়।

প্রশ্ন : ৯৩। নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উষ্ণতা, চাপ ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। অথবা, **বয়েল সূত্র ও চার্লস সূত্র হইতে দেখাও যে, $\frac{PV}{T}$ একটি নিত্য-সংখ্যা।** অথবা, **গ্যাস সমীকরণ বা অবস্থা সমীকরণ কিরূপে পাওয়া যায় তাহা দেখাও।**

উত্তর : [প্রথমে ৯১ (ক) নং উত্তরের অনুযায়ী বয়েল সূত্র এবং ৯২ (খ) নং উত্তরের চার্লস সূত্র বিবৃত কর] P, V ও T যথাক্রমে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ, আয়তন ও পরম মাত্রার উষ্ণতা বুঝাইলে, (i) বয়েল সূত্র অনুযায়ী $V\propto\frac{1}{P}$, যখন

উষ্ণতা T স্থির থাকে এবং (ii) চার্লস সূত্র অনুযায়ী $V \propto T$, যখন চাপ P স্থির থাকে। $\therefore \; V \propto \frac{T}{P}$, যখন চাপ ও উষ্ণতা উভয়ই পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ $V = K.\frac{T}{P}$; অথবা $\frac{PV}{T} = K$; বা $PV = K.T$ (K একটি নিত্য-সংখ্যা)। এই সমীকরণ নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের উষ্ণতা, চাপ ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে।

যদি P_1, V_1, T_1 এবং P_2, V_2, T_2 কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের দুইটি বিভিন্ন অবস্থায় চাপ, আয়তন ও উষ্ণতা বুঝায়, তবে $\frac{P_1V_1}{T_1} = K = \frac{P_2V_2}{T_2}$.

$PV = K.T$ সমীকরণে K-এর মান গ্যাসের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। কিন্তু K-এর মান এক গ্রাম-অণু সকল গ্যাসের ক্ষেত্রে সমান থাকে; তখন K-এর পরিবর্তে R লেখা হয় এবং সমীকরণটি $PV = RT$ হয়। ইহাকে গ্যাস সমীকরণ বা অবস্থা সমীকরণ বলে।

প্রশ্ন : ৯৪। (ক) আদর্শ গ্যাস-সমীকরণ কি? আণব ধ্রুবক কাহাকে বলে? ইহার মান কত? (খ) আদর্শ গ্যাস ও প্রকৃত গ্যাস কি?

উত্তর : (ক) $PV = RT$, এই সমীকরণকে আদর্শ গ্যাস-সমীকরণ বলে। এখানে P চাপে ও T পরম উষ্ণতায় এক গ্রাম-অণু গ্যাসের আয়তন অর্থাৎ মোলার আয়তন V নির্দেশ করে। ধ্রুবক R-কে আণব বা মোলার গ্যাস ধ্রুবক বলা হয়। অ্যাভোগ্যাড্রো সূত্র অনুযায়ী একই উষ্ণতা ও চাপে যে-কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণু সমান আয়তন অধিকার করে। সেই কারণে যে-কোন অবস্থায় গ্যাসের আয়তন পরিমাপ করিলেও ধ্রুবক R-এর মান সমান থাকে।

আণব ধ্রুবক R-এর মান বিভিন্ন এককে ভিন্ন ভিন্ন হয়। যেমন—(i) এক গ্রাম-অণু পরিমাণ গ্যাস এক বায়ু-চাপে ও 273°A চরম উষ্ণতায় (0°C) 22·4 লিটার আয়তন অধিকার করে। সুতরাং $R = \frac{PV}{T} = \frac{1 \times 22{\cdot}4}{273} = 0{\cdot}082$ লিটার বায়ু-চাপ/ডিগ্রী/গ্রাম-অণু।

(ii) এক বায়ু-চাপ = 1 বর্গ সেন্টিমিটার ক্ষেত্রের উপর দণ্ডায়মান 76 সে.মি. পারদ স্তম্ভ। আবার পারদের ঘনত্ব = 13·6 এবং অভিকর্ষজ বল g = 981 সে.মি./সেকেণ্ড^2।

সুতরাং $R = \frac{PV}{T} = \frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 981 \times 22{\cdot}4 \times 1000}{273} = 8{\cdot}3162 \times 10^7$ আর্গ/ডিগ্রী/মোল = 8·3162 জুল/ডিগ্রী/মোল।

(iii) যেহেতু 1 ক্যালরি = $4{\cdot}18 \times 10^7$ আর্গ; অতএব $R = \frac{PV}{T} = \frac{8{\cdot}32 \times 10^7}{4{\cdot}18 \times 10^7}$ = 1·987 = 2 (আনুমানিক) ক্যালরি/ডিগ্রী/মোল।

(খ) যে সকল গ্যাস সর্বাবস্থায় $PV = RT$ সমীকরণ মানিয়া চলে উহাদের আদর্শ গ্যাস বলে। প্রকৃতপক্ষে কোন গ্যাসেই সব অবস্থায় এই সমীকরণ প্রয়োগ

করা যায় না। আমাদের পরিচিত এবং ব্যবহৃত গ্যাসগুলির প্রকৃতি সম্পূর্ণরূপে গ্যাস-সমীকরণ দ্বারা নির্ধারণ করা যায় না। সেইজন্য ইহাদের বাস্তব গ্যাস বলা হয়।

প্রশ্ন : ৯৫। ডালটনের আংশিক চাপ-সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র—নির্দিষ্ট উষ্ণতায় পারস্পরিক রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম দুই বা ততোধিক সংপৃক্ত বা অসংপৃক্ত গ্যাস ও বাষ্প একত্র মিশিয়া একটি নির্দিষ্ট আয়তন অধিকার করিলে মিশ্র গ্যাস ও বাষ্পের চাপ উহাদের প্রত্যেকটির পৃথক পৃথক আংশিক চাপের যোগফলের সমান হয়। অর্থাৎ মিশ্র গ্যাসের চাপ = বিভিন্ন গ্যাসের আংশিক চাপের যোগফল।

ব্যাখ্যা—কোন একটি নির্দিষ্ট আয়তনের পাত্রে একাধিক গ্যাস পারস্পরিক বিক্রিয়া না করিয়া মিশ্রণ হিসাবে থাকিলে যদি বিভিন্ন গ্যাসের আংশিক চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3 ···ইত্যাদি হয় এবং একই উষ্ণতায় সেই আয়তনেই উহাদের মিশ্রণের চাপ যদি P হয় তবে ডালটনের সূত্র অনুযায়ী, $P=P_1+P_2+P_3\cdots\cdots$ হইবে।

মনে করিলাম, P' চাপের V_1 সি. সি. A গ্যাস ও P'' চাপের V_2 সি. সি. B গ্যাস একত্র মিশান হইল। অতএব মিশ্রণে গ্যাসের মোট আয়তন $=(V_1+V_2)$ সি. সি.। এখন A ও B গ্যাস দুইটির আংশিক চাপ যথাক্রমে P_1 ও P_2 এবং মিশ্রিত গ্যাসের চাপ P হইলে, $P=P_1+P_2$.

যেহেতু A ও B গ্যাস-মিশ্রণের আয়তন $=(V_1+V_2)$ সি. সি., অতএব বয়েল সূত্র প্রয়োগ করিলে, $P'V_1=P_1(V_1+V_2)$, অর্থাৎ $P_1=\frac{P'V_1}{V_1+V_2}$. আবার

$P''V_2=P_2(V_1+V_2)$; অর্থাৎ $P_2=\frac{P''V_2}{V_1+V_2}$.

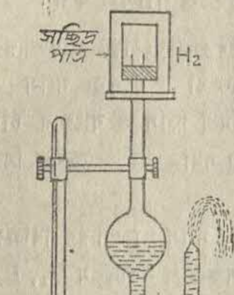
$$\text{সুতরাং } P=P_1+P_2=\frac{P'V_1}{V_1+V_2}+\frac{P''V_2}{V_1+V_2}=\frac{P'V_1+P''V_2}{V^1+V_2}.$$

প্রশ্ন : ৯৬। (ক) গ্যাসের ব্যাপন বলিতে কি বুঝায়? উপযুক্ত পরীক্ষার মাধ্যমে ব্যাপন ক্রিয়ার বর্ণনা দাও। ইহার কয়েকটি প্রয়োগ লিখ? (খ) স্কন্দন ও চাপ-বিশ্লেষণ-কি?

উত্তর : দুই বা ততোধিক গ্যাস একত্র করিলে যদি উহাদের মধ্যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া না ঘটে, তবে স্বাভাবিক ধর্ম অনুযায়ী উহারা পরস্পরের মধ্যে সমান ভাবে মিশিয়া একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন করে। এই মিশ্রণ ক্রিয়াকে ব্যাপন বা ব্যাপ্তি বলে। এই ব্যাপন-ক্রিয়া অভিকর্ষজ বল এবং গ্যাসের ঘনত্বের উপর নির্ভর করে না।

ব্যাখ্যা—গ্যাসীয় অণুগুলি স্থির নয়, উহারা সর্বদাই বিভিন্ন দিকে বিভিন্ন বেগে ঘুরিয়া বেড়ায়। সেইজন্য একটি গ্যাস-জারে অল্প পরিমাণ ক্লোরিন রাখিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই ঘরের সমস্ত বায়ুর সঙ্গে উহা সমানভাবে মিশিয়া যায়; যদিও ক্লোরিন বায়ু অপেক্ষা $2\frac{1}{2}$ গুণ ভারী। আবার CO_2-পূর্ণ জারের উপর H_2-পূর্ণ জার উপুড় করিয়া

রাখিলে হাল্‌কা H_2 নীচের জারে নামিয়া এবং ভারী CO_2 অভিকর্ষের বিরুদ্ধে উপরের জারে উঠিয়া সমসত্ব মিশ্রণ সৃষ্টি করে।



চিত্র ৭

পরীক্ষা—অসমান বাহুবিশিষ্ট একটি U-নল লও যেন ইহার দীর্ঘ বাহুতে বাল্‌ব এবং ঋজু বাহুটির মুখে সরু ছিদ্র থাকে। নলের বাঁকান অংশে রঙিন জল লও। একটি সছিদ্র মাটির পাত্র রবারের সাহায্যে দীর্ঘ নলের মুখে স্থাপন কর (চিত্র ৭)। এখন হাইড্রোজেন-পূর্ণ একটি বিকার উল্টাভাবে সছিদ্র পাত্রের উপর রাখিলে দেখা যাইবে, রঙিণ জল নলের সরু মুখ দিয়া ফোয়ারার মত বাহির হইতেছে। বায়ু অপেক্ষা হাইড্রোজেন খুব হাল্‌কা। সেইজন্য ব্যাপন পদ্ধতিতে দ্রুত পাত্রের ভিতরে হাইড্রোজেন অণু বায়ুর অণু অপেক্ষা অধিক সংখ্যায় প্রবেশ করে, ফলে পাত্রের ভিতর চাপ বৃদ্ধি পায় এবং রঙিণ জল সবেগে বাহির হইয়া আসে।

প্রয়োগ—ব্যাপন-ক্রিয়ার সাহায্যে গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়। ইহা ছাড়া বিভিন্ন ঘনত্বের গ্যাস-মিশ্রণের উপাদানগুলির পৃথকীকরণে এবং কয়লা খনিতে দাহ্য মার্স-গ্যাসের উপস্থিতি নির্ণয়ে ইহার ব্যবহার আছে।

(খ) **স্কন্দন**—কোন পাত্রে উচ্চ চাপে আবদ্ধ গ্যাস যদি উহার দেওয়ালের স্বাভাবিক রন্ধ্রপথে বাহির না হইয়া কৃত্রিম ধাতব প্লেটের সরু ছিদ্রপথে বা সছিদ্র প্যারিস-প্লাস্টারের ঝিল্লী বা অনুজ্জ্বল ও অমসৃণ পোর্সিলেন বা মৃৎপাত্রের মধ্য দিয়া বাহির হইয়া আসে তবে উহাকে গ্যাসের স্কন্দন বা নিঃসরণ বলে। এই উপায়ে নিষ্ক্রান্ত গ্যাস গ্রাহামের ব্যাপন-সূত্র মানিয়া চলে।

চাপ-বিশ্লেষণ—স্কন্দন পদ্ধতিতে অনেক সময় কোন গ্যাস-মিশ্রণকে পোর্সিলেনের সছিদ্র পথে বা ধাতব প্লেটের কৃত্রিক ছিদ্রপথে বারংবার প্রবাহিত করিয়া উহার হাল্‌কা গ্যাসীয় উপাদানকে পৃথক করা যায়। ইহাকে চাপ-বিশ্লেষণ বা অ্যাট্‌মোলিসিস বলে। এই উপায়ে কয়লাখনিতে দাহ্য মার্স-গ্যাসের উপস্থিতি নির্ণয় করা হয়।

প্রশ্ন : ৮৭। গ্রাহামের ব্যাপন-সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। ব্যাপন বেগ কি?

উত্তর : গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র—নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় কোন গ্যাসের ব্যাপন-বেগ উহার ঘনত্বের বর্গমূলের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

ব্যাখ্যা—কোন গ্যাসের ঘনত্ব d এবং উহার ব্যাপন-বেগ r হইবে, সূত্রানুসারে $r \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$, যখন চাপ ও উষ্ণতা নির্দিষ্ট থাকে। কোন গ্যাসের ব্যাপন-বেগ বলিতে একটি

নির্দিষ্ট সচ্ছিদ্র প্রাচীরের ভিতর দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে নিষ্ক্রান্ত গ্যাসের পরিমাণ বুঝায় ; অর্থাৎ গ্যাসের ব্যাপন-বেগ$=\frac{v}{t}$ সি. সি.। এখন দুইটি গ্যাসের ঘনত্ব d_1 ও d_2 এবং ব্যাপন-বেগ যথাক্রমে r_1 ও r_2 হইলে, $\frac{r_1}{r_2}=\sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$.

যেহেতু আণবিক গুরুত্ব গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্বের দ্বিগুণ এবং M_1 ও M_2 যথাক্রমে গ্যাস দুইটির আণবিক গুরুত্ব নির্দেশ করিলে, $\frac{r_1}{r_2}\sqrt{\frac{d_2}{d_1}}=\sqrt{\frac{M_2/2}{M_1/2}}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$.

এখন একই অবস্থায় যদি একই প্রাচীরের ভিতর দিয়া সমান আয়তন (v সি. সি.) দুইটি গ্যাস বাহির হইয়া আসিতে যথাক্রমে t_1 এবং t_2 সেকেণ্ড সময় লাগে, তবে উহাদের ব্যাপন-বেগ r_1 এবং r_2 হইলে, $r_1=\frac{v}{t_1}$ এবং $r_2=\frac{v}{t_2}$.

যেহেতু $\frac{r_1}{r_2}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$, $\therefore \frac{v}{t_1}\Big/\frac{v}{t_2}=\frac{r_1}{r_2}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$; অর্থাৎ $\frac{t_2}{t_1}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$

অতএব গ্রাহামের ব্যাপন-সূত্রের সাহায্যে গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

ব্যাপন-বেগ—একটি নির্দিষ্ট সচ্ছিদ্র প্রাচীরের ভিতর দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে যে পরিমাণ গ্যাস বাহির হয় তাহাকে সেই গ্যাসের **ব্যাপন-বেগ** বলে। যেমন t সেকেণ্ডে v সি. সি. গ্যাস একটি প্রাচীরের ছিদ্রপথে বহির্গত হইলে গ্যাসের ব্যাপন-বেগ $=\frac{v}{t}$ সি. সি.। ব্যাপন-বেগ গ্যাসের চাপ ও উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল। অর্থাৎ গ্যাসের চাপ ও উষ্ণতা যত বাড়ে ব্যাপন-বেগও তত বেশী হয়। আবার একই উষ্ণতা ও চাপে বিভিন্ন গ্যাসের ব্যাপন-বেগ বিভিন্ন হয়, ইহা হাল্কা গ্যাসের ক্ষেত্রে বেশী এবং ভারী গ্যাসের ক্ষেত্রে কম হয়। ব্যাপন-বেগের সহিত গ্যাসের ঘনত্বের সম্পর্কটি গ্রাহামের ব্যাপন-সূত্র নামে অভিহিত। নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় গ্যাসের ব্যাপন-বেগ উহার ঘনত্বের বর্গমূলের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয় ; অর্থাৎ r (ব্যাপন-বেগ) $\propto \frac{1}{\sqrt{d}}$.

গাণিতিক উদাহরণ

(ক) বয়েল সূত্র সম্পর্কিত :

১। 750 মি.মি. চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 100 সি.সি. হইলে 500 মি.মি. চাপে উহার আয়তন কত হইবে ? উষ্ণতা অপরিবর্তিত আছে।

উত্তর : বয়েল সূত্র অনুসারে, $PV=P_1V_1$; এখানে $P=750$ মি.মি., $V=100$ সি.সি., $P_1=500$ মি.মি., $V=$?

$\therefore 750\times100=500\times V_1$; অর্থাৎ $V_1=\frac{750\times100}{500}=150$ সি.সি.।

২। উষ্ণতা নির্দিষ্ট রাখিয়া প্রমাণ চাপের 200 সি.সি. বায়ুকে 160 সি.সি. আয়তনে আনিতে কি পরিমাণ চাপ বাড়াইতে হইবে।

উত্তর : বয়েল সূত্র অনুসারে, $PV=P_1V_1$, এখানে $P=760$ মি.মি., $V=200$ সি.সি., $V_1=160$ সি.সি., $P_1=?$

$\therefore\ 760\times200=P_1\times160$; অর্থাৎ $P_1=\frac{760\times200}{160}=950$ সি.সি.।

সুতরাং বর্ধিত চাপের পরিমাণ $=(950-760)=190$ মি.মি.।

৩। একটি কঠিন পদার্থ সমেত কোন গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপে 100 সি.সি. এবং 1000 মি.মি. চাপে 80 সি.সি. হইলে কঠিন পদার্থটির আয়তন কত ?

উত্তর : ধরিলাম, কঠিন পদার্থের আয়তন $=V$ সি.সি.। যেহেতু চাপে কঠিন পদার্থের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না, অতএব 760 মি.মি. ও 1000 মি.মি. চাপে গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে $(100-V)$ সি.সি ও $(80-V)$ সি.সি.।

সুতরাং বয়েল সূত্র অনুসারে, $760\times(100-V)=1000\times(80-V)$;

অথবা $240\ V=4000$; $\therefore\ V=16{\cdot}66$ সি.সি.।

অতএব কঠিন পদার্থ টির আয়তন $=16{\cdot}66$ সি.সি.।

৪। চাপ প্রয়োগে কোন এক আয়তনের বায়ুকে সঙ্কুচিত করিয়া উহার আয়তন পূর্ব আয়তনের $\frac{1}{6}$ ভাগ করা হইল। উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিলে নূতন চাপ পূর্বের চাপের কতগুণ হইবে।

উত্তর : ধরিলাম, প্রথম অবস্থায় গ্যাসের চাপ $=P$ এবং আয়তন $=V$. সুতরাং গ্যাসের নূতন আয়তন $=\frac{1}{6}.V$. বয়েল সূত্র অনুসারে, $PV=P_1V_1$; এখানে $P_1=$ নূতন চাপ, $V_1=$ নূতন আয়তন $=\frac{1}{6}V$. $\therefore\ P_1=\frac{PV}{V_1}=\frac{P.V}{V/6}=6P$.

সুতরাং নূতন চাপ প্রথম অবস্থার চাপের 6 গুণ হইবে।

(খ) চার্লস সূত্র সম্পর্কিত :

৫। 100°C উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন 100 সি.সি. মাপা হইল। চাপ একই থাকিলে −100°C উষ্ণতায় উহার আয়তন কত ?

উত্তর : চার্লস সূত্র অনুসারে, $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}$. এখানে $V_1=100$ সি.সি., T_1 $=(273+100)=373^\circ A$, $V_2=?$, $T_2=(273-100)=173^\circ A$.

$\therefore\ \frac{100}{V_2}=\frac{373}{173}$; অর্থাৎ $V_2=\frac{100\times173}{373}=46{\cdot}37$ সি.সি.।

৬। একটি কাচের ফ্লাস্কের আয়তন 500 সি.সি.। নির্দিষ্ট চাপে উত্তাপ প্রয়োগে ফ্লাস্কের উষ্ণতা 25°C হইতে বর্ধিত করিয়া 35°C করিলে কি পরিমাণ বায়ু বাহির হইবে। কাচের প্রসারণ এখানে গ্রাহ্য হইবে না।

উত্তর : চার্লস সূত্র অনুসারে, $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}$;

$\therefore \frac{500}{V_2}=\frac{273+25}{273+35}=\frac{298}{308}$; অতএব $V_2=516\cdot8$ সি.সি.।

সুতরাং বহিষ্কৃত বায়ুর পরিমাণ $=(516\cdot8-500\cdot0)=16\cdot8$ সি.সি.।

(গ) গ্যাস-সমীকরণ সম্পর্কিত :

৭। 760 মি.মি. চাপে ও 30°C উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন 910 সি.সি. হইলে 728 মি.মি. চাপে ও 27°C উষ্ণতায় উহার আয়তন কত ?

উত্তর : বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র অনুযায়ী, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$.

$\therefore \frac{760\times910}{273+30}=\frac{728\times V_2}{273+27}$; অথবা $\frac{728V_2}{300}=\frac{760\times910}{303}$;

সুতরাং $V_2=940\cdot6$ সি.সি.।

৮। 742 মি. মি. চাপে ও 15°C উষ্ণতায় 400 সি. সি. শুষ্ক গ্যাস সংগৃহীত হইল। প্রমাণ অবস্থায় উহার আয়তন কত ?

উত্তর : বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র অনুযায়ী, $\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}$.

$\therefore \frac{760\times V}{273}=\frac{742\times400}{273+15}$; সুতরাং $V=\frac{742\times400\times273}{700\times288}=370\cdot2$ সি.সি.।

৯। একটি ফ্লাস্ক 1·6 অ্যাটমস্‌ফিয়ার চাপ পর্যন্ত সহ্য করিতে পারে। ইহা 10°C উষ্ণতায় ও 764 মি. মি. চাপে ক্লোরিন দ্বারা পূর্ণ করিয়া ফ্লাস্কটি ফাটিয়া না যাওয়া পর্যন্ত উহাকে উত্তপ্ত করা হইল। কত উষ্ণতায় ফ্লাস্কটি ফাটিয়া যাইবে ?

উত্তর : 1·6 অ্যাটমস্‌ফিয়ার $=1\cdot6\times760$ মি. মি.।

মনে করিলাম, ফ্লাস্কের আয়তন $=v$ সি. সি. এবং আবশ্যিক উষ্ণতা $=t$°C. এখন বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র অনুযায়ী,

$\frac{1\cdot6\times760\times v}{273+t}=\frac{764\times v}{273+10}$; $\therefore\ 273+t=\frac{1\cdot6\times760\times283}{764}=450\ 4.$

সুতরাং $t=450\cdot4-273=177\cdot4$°C.

১০। 10°C উষ্ণতায় কোন এক আয়তনের বায়ু উত্তপ্ত করা হইল যতক্ষণ না উহার আয়তন ও চাপ উভয়ই দ্বিগুণ হয়। সেইক্ষণে উহার উষ্ণতা কত ?

উত্তর : ধরিলাম, 10°C উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন V ও চাপ P ; t°C উষ্ণতায় উহার আয়তন 2V ও চাপ 2P হইলে, গ্যাস-সমীকরণের সাহায্যে পাই

$\frac{P\times V}{273+10}=\frac{2P\times2V}{273+t}$; সুতরাং $273+t=283\times4$;

অথবা $t=1132-273=859$°C.

১১। 18°C উষ্ণতায় এবং 740 মি. মি চাপে 110 সি. সি. হাইড্রোজেন জলের উপর সংগৃহীত হইল। 18°C উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 15·4 মি. মি. হইলে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন কত ?

উত্তর : আমরা জানি, $\frac{PV}{T}=\frac{(P_1-f)V_1}{T_1}$, f=জলীয় বাষ্পের চাপ।

$\therefore \frac{760\times V}{273}=\frac{(740-15{\cdot}4)\times 110}{270+18}$; অথবা $\frac{760V}{273}=\frac{724{\cdot}6\times 110}{291}$.

সুতরাং V=98·4 মি. মি.।

১২। 14°C উষ্ণতায় ও 758 মি. মি. চাপে 317 সি. সি. অক্সিজেন গ্যাস জলের উপর সংগৃহীত হইল। প্রমাণ অবস্থায় শুষ্ক গ্যাসের আয়তন কত? 14°C-এ জলীয় বাষ্পের চাপ=12 মি. মি.।

উত্তর : শুষ্ক অক্সিজেন চাপ=(P − f)=(758 − 12)=746 মি. মি.।

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে অক্সিজেনের আয়তন V সি. সি. হইলে, গ্যাস-সমীকরণ অনুসারে, $\frac{746\times 317}{273+14}=\frac{760\times V}{273}$; সুতরাং $V=\frac{746\times 317\times 273}{287\times 760}=296$ সি. সি.।

১৩। 0·5 গ্রাম হাইড্রোজেন গ্যাস 27°C উষ্ণতায় এবং 760 মি. মি. চাপে কত আয়তন অধিকার করিবে?

উত্তর : H_2-এর আণবিক গুরুত্ব=2·016 ; সুতরাং 0·5 গ্রাম $H_2=\frac{0{\cdot}5}{2{\cdot}016}$ গ্রাম-অণু।

আমরা জানি, PV=nRT ; অর্থাৎ $V=\frac{nRT}{P}$; এখানে $n=\frac{0{\cdot}5}{2{\cdot}016}$ গ্রাম-অণু, P=760 মি. মি =1 বায়ু-চাপ ; T=(273+27)=300°A এবং R=0·082 লিটার বায়ু-চাপ/ডিগ্রী/গ্রাম-অণু।

সুতরাং $V=\frac{0{\cdot}5\times 0{\cdot}082\times 300}{2{\cdot}016\times 1}=6{\cdot}101$ লিটার।

১৪। 27°C উষ্ণতায় ও 20 বায়ু-চাপে 2·82 লিটার আয়তনের একটি চোঙ হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়া প্রমাণ অবস্থায় 21 সে. মি. ব্যাসবিশিষ্ট কয়টি গোলাকৃতি বেলুন ভর্তি করা যাইবে গণনা কর।

উত্তর : গোলকের আয়তন=$\frac{4}{3}\pi r^3$; ∴ গোলাকৃতি বেলুনের ক্ষেত্রফল $=\frac{4}{3}\times\frac{22}{7}\times(\frac{21}{2})^3=4851$ সি.সি.। আবার চোঙের আয়তন=2·82 লিটার=2820 সি. সি.। এখন প্রমাণ অবস্থায় H_2-এর আয়তন V হইলে $V=\frac{2820\times 20\times 273}{273\times 27}$ =51330 সি. সি.। এই আয়তনের H_2 হইতে 2820 সি. সি. H_2 চোঙে থাকিয়া যাইবে এবং বাকী (51330 − 2820)=48510 সি. সি. H_2 বেলুন ভর্তির জন্য পাওয়া যাইবে। সুতরাং বেলুনের সংখ্যা=$\frac{48510}{4851}=10$.

(খ) আংশিক-চাপ সূত্র সম্পর্কিত :

১৫। একটি 500 সি. সি. আয়তনের পাত্রে 300 সি. সি. N_2 এবং 200 সি. সি. H_2 ভর্তি করা হইল। N_2 ও H_2-এর চাপ যথাক্রমে 200 মি. মি. ও 400 মি. মি. হইলে মিশ্রিত গ্যাসের মোট চাপ এবং উহাদের আংশিক চাপ নির্ণয় কর।

উত্তর : মনে করিলাম, মিশ্র গ্যাসের চাপ $=P$ এবং মিশ্রণের পর নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের উভয়ের মোট আয়তন $=(300+200)=500$ সি. সি.। এখন নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেনের আংশিক চাপ যথাক্রমে P_1 এবং P_2 হইলে, আংশিক-চাপ সূত্র অনুযায়ী $P=P_1+P_2$.

এখন নাইট্রোজেনের আয়তন $=300$ সি. সি. এবং উহার চাপ 200 মি. মি. বলিয়া বয়েল সূত্র অনুসারে $P_1\times 500=200\times 300$; অর্থাৎ $P_1=120$ মি. মি.।

আবার হাইড্রোজেনের আয়তন $=200$ সি. সি. এবং উহার চাপ $=400$ মি. মি. বলিয়া বয়েল সূত্র অনুসারে $P_2\times 500=400\times 200$; অর্থাৎ $P_2=160$ মি. মি.।

সুতরাং মিশ্র গ্যাসের চাপ $=(120+160)=280$ মি. মি.।

১৬। 27°C উষ্ণতায় একটি 2 লিটার আয়তনের পাত্রে 10 গ্রাম বায়ু আছে। আয়তন হিসাবে বায়ুতে 79% N_2 এবং বাকী O_2 থাকিলে উহাদের আংশিক চাপ গণনা কর। প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার বায়ুর ওজন 1·29 গ্রাম।

উত্তর : 10 গ্রাম বায়ু প্রমাণ অবস্থায় $\frac{10}{1·29}=7·75$ লিটার অধিকার করে। ইহার আয়তন 27°C উষ্ণতায় ও P চাপে 2 লিটার হইলে, $\frac{2\times P}{273\times 27}=\frac{7·75\times 76}{273}$;

অর্থাৎ $P=\frac{7·75\times 76\times 300}{273\times 2}=323·6$ সে. মি.।

যেহেতু 2 লিটার বায়ুতে $0·21\times 2=0·42$ লিটার O_2 এবং $0·79\times 2=1·58$ লিটার N_2 থাকে, সুতরাং O_2-এর আংশিক চাপ $=\frac{0·42}{2}\times 323·6=67·95$ সে. মি.

এবং N_2-এর আংশিক চাপ $=\frac{1·58}{2}\times 323·6=255·65$ সে. মি.।

১৭। একটি 200 সি. সি. আয়তনের পাত্রে 80 সে. মি. চাপে ক্লোরিন ভর্তি করিয়া উহাকে 100 সে. মি. চাপে নাইট্রোজেন ভর্তি অপর একটি 125 সি. সি. আয়তনের পাত্রের সহিত নল দ্বারা যুক্ত করিলে মিশ্রণটির চাপ কত হইবে ?

উত্তর : মিশ্রণের পর উভয় গ্যাসের মোট আয়তন $=200+125=325$ সি. সি.। এখন ক্লোরিনের আংশিক চাপ P_1 হইলে,

$$P_1\times 375=200\times 80\ ; \qquad \therefore\ P_1=\frac{200\times 80}{325}=49·23 \text{ সে.মি.।}$$

আবার নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ P_2 হইলে, $P_2\times 325=125\times 100$;

$$\therefore\ P_2=\frac{125\times 100}{325}=38·46 \text{ সে. মি.।}$$

সুতরাং মিশ্রণের মোট চাপ $=(49·23+38·46)=87·69$ সে. মি.।

(ঙ) গ্যাস-ব্যাপন সূত্র সম্পর্কিত :

১৮। একই আয়তন হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন একটি সচ্ছিদ্র প্রাচীরের ভিতর

দিয়া আসিতে যথাক্রমে 16 সেকেণ্ড এবং 64 সেকেণ্ড সময় লাগে। অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব কত ?

উত্তর : গ্রাহামের ব্যাপন-সূত্র হইতে পাই, $\frac{t_2}{t_1}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$, এখানে $t_1=16$ সেকেণ্ড, $t_2=64$ সেকেণ্ড। যেহেতু হাইড্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব $M_1=2$,

$$\therefore \frac{64}{16}=\sqrt{\frac{M_2}{2}}\text{ ; অথবা } 4^2\times 2=M_2\text{ ; অর্থাৎ } M_2=32.$$

সুতরাং অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব $=32$

১৯। 20 মিনিটে 100 সি. সি. হাইড্রোজেন পাত্রের মধ্য দিয়া নিষ্ক্রান্ত হইলে একই অবস্থায় 40 সি. সি. অক্সিজেন নিষ্ক্রান্ত হইতে কত সময় লাগিবে ?

উত্তর : যেহেতু H_2 ও O_2-এর আপেক্ষিক ঘনত্ব যথাক্রমে 1 এবং 16, অতএব $\frac{r_1}{r_2}=\sqrt{\frac{16}{1}}=4$, এখানে r_1 ও r_2 যথাক্রমে H_2 ও O_2-এর ব্যাপন-বেগ বুঝায়। আবার

$$r_1=\frac{\text{নিষ্ক্রান্ত } H_2\text{-এর আয়তন}}{\text{সময়}}=\frac{v}{t}\text{ এবং } r_2=\frac{\text{নিষ্ক্রান্ত } O_2\text{-এর আয়তন}}{\text{সময়}}=\frac{v_1}{t_1};$$

$$\therefore \frac{v}{t}\Big/\frac{v_1}{t_1}=4.\quad\text{সুতরাং } t_1=\frac{4\times v_1\times t}{v}=\frac{4\times 40\times 20}{100}=32\text{ মিনিট।}$$

২০। একই পরিমাণ ওজোনিত অক্সিজেন (20% আয়তনে O_3 আছে) এবং বিশুদ্ধ অক্সিজেন একই অবস্থায় নিষ্ক্রান্ত হইতে যথাক্রমে 175 সেকেণ্ড ও 168 সেকেণ্ড সময় লাগে। ওজনের ঘনত্ব কত ?

উত্তর : ধরিলাম, নিষ্ক্রান্ত গ্যাসের আয়তন $=v$ সি. সি.। অতএব ওজোনিত অক্সিজেনের নিষ্ক্রান্ত বেগ, $u_1=\frac{v}{175}$ সি. সি./সেকেণ্ড এবং বিশুদ্ধ অক্সিজেনের নিষ্ক্রান্ত বেগ, $u_2=\frac{v}{168}$ সি. সি./সেকেণ্ড। এখন d_1 ও d_2 যথাক্রমে ওজোনিত অক্সিজেন ও বিশুদ্ধ অক্সিজেনের ঘনত্ব হইলে, গ্রাহামের সূত্রানুযায়ী, $\frac{u_1}{u_2}\sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$;

$$\therefore \frac{168}{175}=\sqrt{\frac{16}{d_1}}\text{ ; সুতরাং } d_1=4\times\left(\frac{175}{158}\right)^2=17{\cdot}36.$$

যেহেতু 100 আয়তন ওজোনিত অক্সিজেনে 20 আয়তন ওজোন ও 80 আয়তন অক্সিজেন থাকে. অতএব বিশুদ্ধ ওজোনের ঘনত্ব d হইলে, $20\times d+80\times 16=17{\cdot}36\times 100$; অতএব $d=22{\cdot}8$.

অনুশীলনী—৮

১। 740 মি. মি. চাপে 300 সি. সি, কোন একটি গ্যাস 500 সি. সি. আয়তনের একটি শূন্য পাত্রের মধ্যে প্রবেশ করাইলে চাপ কত হইবে? [উঃ 444 মি. মি.]

২। 200 সি. সি. আয়তনের একটি গ্যাস 340 মি. মি. চাপে আছে। সমান উষ্ণতায় 500 মি. মি. চাপে ঐ গ্যাসের আয়তনের কি পরিবর্তন হইবে? [উঃ 64 সি. সি. কমিবে]

৩। নির্দিষ্ট চাপে 26°C উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন 250 সি. সি.। – 10°C উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন কত? [উঃ 219·9 সি. সি.]

৪। 27°C উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন 1 লিটার হইলে একই চাপে কত উষ্ণতায় উহার আয়তন দ্বিগুণ হইবে? [উঃ 327°C]

৫। 27°C উষ্ণতায় ও 1·5 বায়ু-চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 5 লিটার। 100°C উষ্ণতায় ও প্রমাণ চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত? [উঃ 9·326 লিটার]

৬। একটি বেলুনের ভিতর 12°C উষ্ণতায় ও 756 মি. মি. চাপে 450 সি. সি. বায়ু আছে। বেলুনটিকে একটি খনিগর্ভে লইয়া গেলে (যেখানে চাপ 765 মি. মি. ও উষ্ণতা 5°C আছে) উহার আয়তনের কি পরিবর্তন ঘটিবে? [উঃ 16·3 সি. সি. কমিবে]

৭। 15°C উষ্ণতায় ও 752 মি. মি. চাপে 185·5 সি. সি. গ্যাস জলের উপর সংগৃহীত হইলে শুষ্ক গ্যাসের আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত? 15°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=12·8 মি. মি.। [উঃ 171 সি. সি.]

৮। 110 সি. সি. হাইড্রোজেন জলের উপর 18°C উষ্ণতায় ও 740 মি. মি. চাপে সংগৃহীত হইলে প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসের আয়তন গণনা কর। 18°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=15·4 মি. মি.। [উঃ 98·4 সি. সি.]

৯। বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তনিক অনুপাত 1 : 4 ; বায়ু-চাপ 760 মি. মি. হইলে উহাদের আংশিক চাপ কত? [উঃ 152 সি. সি. ; 608 মি. মি.]

১০। CO_2 ও ওজোনের ব্যাপন-বেগ যথাক্রমে 0·29 ও 0·271 ; CO_2-এর আপেক্ষিক ঘনত্ব 22 হইলে ওজোনের আপেক্ষিক ঘনত্ব কত? [উঃ 25·2]

১১। 30 সেকেণ্ডে 16 সি.সি. H_2 একটি সচ্ছিদ্র পাত্রের ভিতর দিয়া নিষ্ক্রান্ত হয়। একই অবস্থায় কি পরিমাণ SO_2 নিষ্ক্রান্ত হইবে? [উঃ 2·82 সি. সি.]

১২। 18 সেকেণ্ডে একটি সচ্ছিদ্র ঝিল্লীর মধ্য দিয়া 24 সি. সি. বায়ু ব্যাপিত হয়। একই ঝিল্লীর মধ্য দিয়া 19·5 সেকেণ্ডে 21 সি. সি. কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যাপিত হইলে ইহার ঘনত্ব কত? (বায়ুর ঘনত্ব 14·4)। [উঃ 22·07]

দশম অধ্যায় | ভরক্রিয়া সূত্র ও রাসায়নিক সাম্য

প্রশ্ন : ৯৮। ভরক্রিয়া সূত্র বিবৃত ও উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর। সক্রিয় ভর ও বিশিষ্ট বিক্রিয়া হার কি ?

উত্তর : ভরক্রিয়া সূত্র—নির্দিষ্ট উষ্ণতায় যে-কোন মুহূর্তে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বিক্রিয়ক পদার্থগুলির প্রত্যেকটির সক্রিয় ভরের সহিত সমানুপাতিক।

ব্যাখ্যা—যে-কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী পদার্থগুলির সক্রিয়-ভর বাড়িলে বিক্রিয়ার গতি বাড়ে; কিন্তু সক্রিয়-ভর কমিলে বিক্রিয়ার গতি কমে। সাধারণতঃ সক্রিয়-ভর বলিতে মোলার বা আণব গাঢ়ত্ব বুঝায়। সমসত্ত্ব দ্রবণ বা গ্যাসের এক একক আয়তনে যত সংখ্যক গ্রাম-অণু বিক্রিয়ক বর্তমান থাকে তাহাকে আণব গাঢ়ত্ব বা সক্রিয়-ভর বলে। সুতরাং নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বিক্রিয়ক পদার্থগুলির প্রত্যেকটির আণব গাঢ়ত্বের সমানুপাতিক হয়। যদি A ও B পদার্থ দুইটি পরস্পর বিক্রিয়া করে এবং বিক্রিয়ার সময় উহাদের আণব গাঢ়ত্ব C_A ও C_B হয়, তবে ভরক্রিয়া সূত্র অনুযায়ী উপরোক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি $\propto C_A \times C_B$ অথবা $\propto [A] \times [B]$.

সক্রিয় ভর—[আগের ব্যাখ্যা অংশ দেখ।]

বিশিষ্ট বিক্রিয়া হার—[A] ও [B] আণব গাঢ়ত্বের A ও B দুইটি পদার্থ বিক্রিয়া করিলে ভরক্রিয়া সূত্র অনুসারে পাই, বিক্রিয়ার গতি বা হার $\propto [A] \times [B] = k_1 \times [A] \times [B]$. এখন বিক্রিয়ার সময় A ও B দুইটি পদার্থের প্রত্যেকটির এক গ্রাম-অণু একক আয়তনে থাকিলে উহাদের আণব গাঢ়ত্ব $[A] = [B] = 1$ হয়; অথবা, বিক্রিয়ার হার $= k_1$. অর্থাৎ k_1 উপরোক্ত বিক্রিয়ার একটি বিশিষ্ট হার যখন বিক্রিয়ক সমূহের প্রত্যেকটির সক্রিয় ভর বা আণব গাঢ়ত্ব এক। বিক্রিয়কসমূহের এক বিশেষ অবস্থায় উহারা বিশিষ্ট হারে অংশ গ্রহণ করে বলিয়া এই k_1-কে উপরোক্ত বিক্রিয়ার বিশিষ্ট বিক্রিয়া হার বলে।

প্রশ্ন : ৯৯। উভমুখী বিক্রিয়া কাহাকে বলে? কয়েকটি উভমুখী বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও। ইহার বৈশিষ্ট্য কি ?

উত্তর : অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়ায় দেখা যায়, বিক্রিয়াজাত উৎপন্ন পদার্থগুলি উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গেই পুনরায় নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করিয়া মূল পদার্থে পরিণত হয়। এইরূপ একসঙ্গে উভয়দিকে সংঘটিত বিক্রিয়াকে উভমুখী বিক্রিয়া বলে। যেমন NH_4Cl-কে উত্তপ্ত করিলে উহা ভাঙ্গিয়া একদিকে যেমন NH_3 ও HCl গ্যাস উৎপন্ন করে, অপরদিকে NH_3 ও HCl গ্যাসও সৃষ্ট হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে পরস্পর যুক্ত হইয়া মূল

পদার্থ NH_4Cl-এ পরিণত হয়, অর্থাৎ বিক্রিয়াটি উভয় দিকেই সংঘটিত হয়ঃ $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$. অতএব ইহা একটি উভমুখী বিক্রিয়া। উপরের অর্ধ-তীর চিহ্ন অগ্রবর্তী বা সম্মুখ বিক্রিয়া এবং নীচের অর্ধতীর চিহ্ন পশ্চাদমুখী বা বিপরীত বিক্রিয়া বুঝায়। নিম্নে কয়েকটি উভমুখী বিক্রিয়ার উদাহরণ দেওয়া হইল।

$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2\ ;\ H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2\ ;\ 2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$$

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3.COOC_2H_5 + {}_2O$$

বৈশিষ্ট্য—উভমুখী বিক্রিয়ায় (i) বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মধ্যে ক্রিয়া কখনই সম্পূর্ণ হয় না ; (ii) উৎপন্ন পদার্থগুলির যে-কোন একটিকে সঙ্গে সঙ্গে অপসারিত করিলে ক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় ; (iii) যে-কোন সময় বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন পদার্থগুলির মিশ্রণ পাওয়া যায় ; (iv) কোন এক বিশেষ সময়ে বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন পদার্থগুলির মধ্যে সাম্যাবস্থা প্রতিস্থিত হয়।

প্রশ্ন ঃ ১০০। (ক) রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বা স্থায়ী অবস্থা বলিতে কি বুঝায়? ইহাকে গতিশীল সাম্যাবস্থা বলা হয় কেন? ইহার বৈশিষ্ট্যগুলি লিখ। (খ) রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর উষ্ণতা ও চাপের প্রভাব কি?

উত্তর ঃ (ক) উভমুখী বিক্রিয়ার উভয় দিকেরই গতি বা হার সমান হইলে উহাকে রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বা স্থায়ী অবস্থা বলা হয়। যেমন $A+B \rightleftharpoons C+D$ একটি উভমুখী বিক্রিয়ার প্রারম্ভে শুধুমাত্র A ও B বিক্রিয়ক থাকে। অতএব কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় প্রাথমিক বিক্রিয়ার হার ভরক্রিয়া সূত্র অনুসারে A ও B উভয়ের গাঢ়ত্বের গুণফলের সমানুপাতিক। এই বিক্রিয়া অগ্রসর হওয়ার সহিত A ও B-এর গাঢ়ত্ব কমিতে থাকে এবং এই কারণে সম্মুখ বিক্রিয়ার হারও সময়ের সঙ্গে ক্রমশঃ হ্রাস পায়। অপরদিকে, বিক্রিয়া আরম্ভের সময় C ও D থাকে না ; কিন্তু বিক্রিয়ার ফলে C ও D উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গে উহাদের মধ্যে বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং যে-কোন মুহূর্তে এই পশ্চাদমুখী বিক্রিয়ার হার ভরক্রিয়া সূত্র অনুসারে বিক্রিয়াজাত C ও D-এর গাঢ়ত্বের সমানুপাতিক। এই বিক্রিয়া অগ্রসর হওয়ার সহিত C ও D-এর গাঢ়ত্ব বাড়িতে থাকে ; ফলে পশ্চাদমুখী বিক্রিয়ার হার সময়ের সঙ্গে ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। সুতরাং যতই সময় অতিক্রান্ত হয় সম্মুখ বিক্রিয়ার হার ততই কমিতে থাকে এবং বিপরীত বিক্রিয়ার হার ততই বাড়িতে থাকে ; এইভাবে এক সময় এমন এক অবস্থায় আসে যখন সম্মুখ ও পশ্চাৎ বিক্রিয়ার হার পরস্পর সমান হয়। এই অবস্থায় A ও B এবং C ও D ইহাদের প্রত্যেকেই গাঢ়ত্বের কোন পরিবর্তন হয় না। ইহাকেই রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বা স্থায়ী অবস্থা বলে।

রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণের দৃশ্যত কোন পরিবর্তন না হইলেও সমস্ত বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায় না, কারণ উভয় দিকেই সমান হারে বিক্রিয়া চলিতে থাকে। এই অবস্থায় প্রতি একক সময়ে বিক্রিয়ক A ও B হইতে যে পরিমাণ বিক্রিয়াজাত C ও D উৎপন্ন হয়, ঠিক সেই সময়ে C ও D পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া একই পরিমাণ A ও B-তে পরিণত হয়। যেহেতু এই অবস্থায় সম্মুখ ও

পশ্চাদমুখী বিক্রিয়া না থামিয়া একসঙ্গে সমহারে চলিতে থাকে সেই কারণে এই সাম্যাবস্থাকে গতিশীল সাম্যাবস্থা বলে।

বৈশিষ্ট্য—(i) উষ্ণতার পরিবর্তন ছাড়া কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় উপাদানগুলির পরিমাণের বা গাঢ়ত্বের কোন পরিবর্তন সম্ভব হয় না অর্থাৎ সাম্য স্থায়ী হয়। (ii) বিক্রিয়াটি উভমুখী বলিয়া বিক্রিয়কের পরিবর্তে উৎপন্ন পদার্থ লইয়া আরম্ভ করিলেও নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একই সাম্যাবস্থায় উপনীত হওয়া যায় অর্থাৎ গতিশীল সাম্য উভয় দিক হইতেই প্রতিষ্ঠিত হয়। (iii) গতিশীল সাম্যের কোন বিক্রিয়াই একেবারে সম্পূর্ণ হইতে পারে না কারণ বিক্রিয়ক কখনও লোপ পায় না।

(খ) রাসায়নিক বা গতিশীল সাম্যাবস্থা উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল এবং উষ্ণতা পরিবর্তনের সঙ্গে বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন পদার্থগুলির পরিমাণ তথা গাঢ়ত্বের পরিবর্তন ঘটে এবং একটি নূতন সাম্যাবস্থা সৃষ্টি হয়। গ্যাসীয় বিক্রিয়ায় অনেক ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থা চাপের সঙ্গে পরিবর্তিত হয়।

প্রশ্ন : ১০১। (ক) সাম্য ধ্রুবক কি? ইহার তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। (খ) গ্যাসীয় সিস্টেমের ক্ষেত্রে সাম্য ধ্রুবক কিভাবে ব্যক্ত করা হয়। এই দুই সাম্য ধ্রুবকের মধ্যে সম্পর্ক কি?

উত্তর : (ক) সাম্য ধ্রুবক—নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সাম্যাবস্থায় কোন উভমুখী বিক্রিয়ার উৎপন্ন পদার্থগুলির গাঢ়ত্বের গুণফল এবং বিক্রিয়ক পদার্থগুলির গাঢ়ত্বের গুণফলের অনুপাত নির্দিষ্ট; ইহাকেই সাম্য ধ্রুবক বলে। $A+B \rightleftharpoons C+D$ উভমুখী বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় পৌঁছিলে যদি সেই সময়ে [A], [B], [C] ও [D] যথাক্রমে A, B, C ও D পদার্থসমূহের আণবিক গাঢ়ত্ব বুঝায়, তবে সম্মুখ বিক্রিয়া হার $\propto [A] \times [B] = k_1 \times [A] \times [B]$, এখানে k_1 সম্মুখ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক নির্দেশ করে। সেইরূপে পশ্চাৎ বিক্রিয়া হার $\propto [C] \times [D] = k_2 \times [C] \times [D]$, এখানে k_2 পশ্চাৎ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক নির্দেশ করে। যেহেতু সাম্যাবস্থায়, সম্মুখ বিক্রিয়া হার = পশ্চাৎ বিক্রিয়া হার; অতএব $k_1 \times [A] \times [B] = k_2 \times [C] \times [D]$. সুতরাং $\frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]} = \frac{k_1}{k_2} = K$. এই ধ্রুবক K-কে উপরোক্ত বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রুবক বলে। ইহা সম্মুখ ও পশ্চাৎ বিক্রিয়া হার k_1 ও k_2-এর অনুপাতের সমান; সাধারণতঃ ইহা Kc দ্বারা সূচিত হয়। সাধারণভাবে $aA+bB+\cdots \rightleftharpoons gG+hH+\cdots$ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্য ধ্রুবক $Kc = \frac{[G]^g \times [H]^h \times \cdots}{[A]^a \times [B]^b \times \cdots}$, [ ] চিহ্ন সাম্যাবস্থায় নিজ নিজ পদার্থের গাঢ়ত্ব বুঝায়।

তাৎপর্য—সাম্য ধ্রুবক একটি নির্দিষ্ট উভমুখী বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ও বিক্রিয়ক পদার্থগুলির গাঢ়ত্বের মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে। অতএব নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন একটি উভমুখী বিক্রিয়ায় ইহার মান সর্বদাই নির্দিষ্ট থাকে। সেইজন্য প্রথমাবস্থায় বিভিন্ন ক্ষেত্রে

বিভিন্ন গাঢ়ত্বের বিক্রিয়ক থাকিলেও সাম্যাবস্থায় উহাদের গাঢ়ত্ব বিভিন্ন হয় কিন্তু একই সমীকরণে উহাদের মান প্রয়োগ করিলে সাম্য ধ্রুবকের মান একই পাওয়া যায়। অর্থাৎ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গাঢ়ত্বের সঙ্গে সাম্য ধ্রুবকের মান পরিবর্তন হয় না; কিন্তু উষ্ণতা পরিবর্তনের সঙ্গে K_c-এর মানের পরিবর্তন হয়।

(খ) গ্যাসীয় সিস্টেমের ক্ষেত্রে সাম্যধ্রুবক K_p দ্বারা ব্যক্ত করা হয়; এক্ষেত্রে বিভিন্ন গ্যাসের আংশিক চাপ উহাদের আণব গাঢ়ত্ব নির্দেশ করে। অতএব $A+B \rightleftharpoons C+D$ উভমুখী গ্যাসীয় সিস্টেমের বিক্রিয়া হইলে যদি সাম্যাবস্থায় P_A, P_B, P_C ও P_D উহাদের আংশিক চাপ ব্যক্ত করে তবে, $K_p = \frac{P_C \times P_D}{P_A \times P_B}$. সাধারণভাবে $aA + bB + \cdots \rightleftharpoons gG + hH + \cdots$ গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্য ধ্রুবক, $K_p = \frac{P_G^g \times P_H^h \times \cdots}{P_A^a \times P_B^b \times \cdots}$.

K_p ও K_c-র মধ্যে সম্পর্ক—গ্যাস-সমীকরণ হইতে পাই, $PV = nRT$; অর্থাৎ $P = \frac{n}{V}.\ RT = CRT$, এখানে গাঢ়ত্ব C লিটার প্রতি গ্রাম-অণু সংখ্যা বুঝায়। সুতরাং উপরোক্ত সাম্য ধ্রুবক, $K_p = \frac{C_G^g \times C_H^h \times \cdots}{C_A^a \times C_B^b \times \cdots} \times (RT)^{(g+h+\cdots)-(a+b+\cdots)} = K_c \times (RT)^{\Delta n}$, Δn বিক্রিয়ার ফলে বর্ধিত অণু-সংখ্যা নির্দেশ করে; অর্থাৎ Δn = বিক্রিয়াজাত অণুর মোট সংখ্যা − বিক্রিয়ক অণুর মোট সংখ্যা।

প্রশ্ন: ১০২। (ক) লা শাটেলিয়ারের নীতি বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। (খ) পণ্য উৎপাদন পদ্ধতিতে কিভাবে এই নীতি প্রয়োগ করা হয় তাহা উদাহরণ দ্বারা দেখাও।

উত্তর: (ক) **লা শাটেলিয়ারের নীতি**—কোন সিস্টেম সাম্যাবস্থা থাকা কালে উহার পরিচালনকারী এক বা একাধিক শর্ত বা প্রভাব যথা উষ্ণতা, চাপ ও মাত্রা পরিবর্তিত হইলে সিস্টেমটি নিজে এমনভাবে সমন্বয় সাধনে সচেষ্ট থাকে যাহাতে ঐ পরিবর্তন-জনিত ফলাফল যথাসম্ভব প্রশমিত হয়।

ব্যাখ্যা—উষ্ণতা ও চাপ পরিবর্তনে রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় কি প্রতিক্রিয়া হয় তাহা লা শাটেলিয়ারের নীতি ব্যাখ্যা করে। যেমন—

(i) কোন বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় থাকাকালীন তাপ প্রয়োগে উহার উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে লা শাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে সিস্টেমটি উষ্ণতা বৃদ্ধি প্রতিরোধ করিবে। অতএব সিস্টেমের এই বর্ধিত তাপ সরাইয়া উষ্ণতা বৃদ্ধি রোধের জন্য তাপ-শোষণ যে দিকে হয় সেই দিকে বিক্রিয়া হইতে থাকিবে। সুতরাং চাপ নির্দিষ্ট থাকিলে উষ্ণতা বৃদ্ধি তাপ-শোষক বিক্রিয়ার অনুকূল হয় এবং অপরদিকে তাপ-উৎপাদক বিক্রিয়ার প্রতিকূল হয়।
(ii) কোন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় চাপ বাড়াইলে লা শাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে সিস্টেমটি সেই চাপের প্রভাব হইতে মুক্তি পাওয়ার জন্য উহার আয়তন সঙ্কোচনের জন্য

সচেষ্ট হইবে। যেহেতু আয়তন অণু-সংখ্যার উপর নির্ভরশীল, সেইজন্য বর্ধিত চাপ হ্রাসের জন্য যেদিকে মোট অণু-সংখ্যা কম সেইদিকেই বিক্রিয়া সংঘটিত হইবে। সুতরাং উৎপন্ন পদার্থের অণু-সংখ্যা বিক্রিয়কের অণু-সংখ্যা অপেক্ষা কম হইলে চাপ-বৃদ্ধিতে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। (*iii*) রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় সিস্টেমে কোন বিক্রিয়ক যোগ করিলে উহার গাঢ়ত্ব বাড়ে, ফলে লা শাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে এই গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি প্রতিরোধ হেতু উহার অংশবিশেষ বিক্রিয়া করিবে। সুতরাং সিস্টেমে বিক্রিয়ক যোগ করিলে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ বাড়ে।

(খ) বিভিন্ন পদার্থের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতির বিক্রিয়ার উপর লা শাটেলিয়ারের নীতির প্রয়োগ দেখা যায়। যেমন—

(i) অধুনা সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার পণ্য উৎপাদন করা হয়: $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+24,200$ ক্যালরি। এই বিক্রিয়ায় 1 আয়তন N_2 ও 3 আয়তন H_2-এর মিশ্রণ হইতে মাত্র 2 আয়তন NH_3 উৎপন্ন হয় অর্থাৎ NH_3 উপাদনে আয়তন তথা অণু-সংখ্যা অর্ধেক হ্রাস পায়। অতএব লা শাটেলিয়ার নীতি অনুসারে সাম্যাবস্থায় চাপ বৃদ্ধি করিলে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পাইবে। সেইজন্যই অ্যামোনিয়ার পণ্য উৎপাদনে হেবার পদ্ধতিতে 200 বায়ু-চাপ প্রয়োগ করা হয়। আবার বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক বলিয়া কম উষ্ণতায় অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পাইবে। কিন্তু নিম্নতর উষ্ণতায় বিক্রিয়ার গতিবেগ খুবই মন্থর হয়; সেইজন্য পণ্য উৎপাদনে উপযুক্ত সর্বনিম্ন উষ্ণতা তথা অপটিমাম উষ্ণতা 550°C রাখা হয়। অধিকন্তু এই নির্দিষ্ট উষ্ণতায় অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া সংঘটিত করা হয়। (ii) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে SO_2-কে বায়ুস্থিত অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া SO_3-এ পরিণত করা হয়: $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+45,200$ ক্যালরি। বিক্রিয়টি তাপ-উৎপাদক বলিয়া লা শাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে কম উষ্ণতায় বেশী পরিমাণ SO_3 উৎপন্ন হইবে। কিন্তু অধিক কম উষ্ণতায় বিক্রিয়ার গতি খুব মন্থর হয় বলিয়া বিক্রিয়াটি উপযুক্ত সর্বনিম্ন উষ্ণতা তথা অপটিমাম উষ্ণতা 450°C-এ সম্পন্ন করা হয়। এক্ষেত্রেও উপযুক্ত অনুঘটকের প্রয়োজন হয়। যদিও আয়তন হ্রাসের জন্য চাপ প্রয়োগে উৎপন্ন পদার্থ SO_3-এর পরিমাণ বৃদ্ধি পায় তথাপি বিক্রিয়াটি সাধারণ চাপেই নিষ্পন্ন করা হয় কারণ উপরোক্ত কার্যকরী অবস্থায় এই রূপান্তর প্রায় সম্পূর্ণভাবেই হইয়া থাকে। (iii) নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে NO উৎপন্ন হয়: $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO-43,200$ ক্যালরি। বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণু-সংখ্যা তথা আয়তন সমান থাকে বলিয়া লা শাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে বিক্রিয়া-সাম্যের উপর চাপের কোন প্রভাব থাকে না। কিন্তু বিক্রিয়াটি তাপ-শোষক বলিয়া বেশী উষ্ণতায় নাইট্রিক অক্সাইডের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইবে। পূর্বে বার্কিল্যাণ্ড ও আইড পদ্ধতিতে নরওয়ে দেশে 3000°C উষ্ণতায় বিক্রিয়াটি সংঘটিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন করা হইত।

প্রশ্ন: ১০৩। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির উপর উষ্ণতা ও চাপের প্রভাব কি হইবে? (ক) $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+Q_1$ ক্যালরি; (খ) $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+Q_2$ ক্যালরি; (গ) $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO-Q_3$ ক্যালরি।

উত্তর: [প্রথমে ১০২ (ক) নং উত্তরের লা শাটেলিয়ারের নীতি বিবৃত কর।] পরে ১০২ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ১০৪। (ক) তেজস্ক্রিয়তা (radioactivity) কি ? ইহা কে আবিষ্কার করেন ? তেজস্ক্রিয় পদার্থ ও তেজস্ক্রিয় মৌল কাহাকে বলে ? কয়েকটি তেজস্ক্রিয় মৌলের নাম লিখ। (খ) তেজস্ক্রিয়তা যে একটি পারমাণবিক ধর্ম তাহা কিভাবে প্রমাণ করিবে ? (গ) ইহার আবিষ্কারে পরমাণু সম্বন্ধে ডালটনের ধারণার কি পরিবর্তন ঘটাইয়াছে ?

উত্তর : (ক) 1896 খ্রীষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী হেনরী বেকবেল তেজস্ক্রিয়তার ঘটনা আবিষ্কার করেন। তিনি লক্ষ্য করেন যে, ইউরেনিয়াম-ঘটিত যৌগ হইতে আলো-অন্ধকার, শীতল-উষ্ণ যে-কোন অবস্থাতেই একই হারে অদৃশ্য রশ্মির বিকিরণ ঘটে। এই রশ্মিগুলি কাগজে-মোড়ান ফটোগ্রাফী প্লেট আক্রমণ করে, গ্যাসের মধ্য দিয়া যাইবার সময় উহাকে আয়নিত করে এবং রশ্মিগুলির অধিকাংশই চৌম্বক ও তড়িৎ-শক্তির প্রভাবে নির্গম-পথ হইতে দুই বিপরীত দিকে বাঁকিয়া যায়। এই স্বতঃস্ফূর্ত অদৃশ্য রশ্মির অবিরাম তেজ-বিকিরণের ধর্মকে তেজস্ক্রিয়তা বলে। যে সকল পদার্থে ও মৌলে এইরূপ ধর্ম বিদ্যমান থাকে তাহাদের যথাক্রমে তেজস্ক্রিয় পদার্থ ও তেজস্ক্রিয় মৌল বলা হয়। ইউরেনিয়াম, রেডিয়াম, পলোনিয়াম, থোরিয়াম, অ্যাক্টিনিয়াম প্রভৃতি তেজস্ক্রিয় মৌল। ভারতের ত্রিবাঙ্কুরে প্রাপ্ত মোনাজাইট বালি হইতে থোরিয়াম পাওয়া যায়।

(খ) তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যা অধিক থাকায় নিউক্লিয়াস অস্থায়ী ও স্বতঃভঙ্গুর হয়। ফলে পরমাণুর একাংশ স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিভাজিত হইয়া অপেক্ষাকৃত লঘুতর আণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট মৌলে পরিণত হইবার সময় এই অদৃশ্য রশ্মি বিকিরণ করে। বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় পদার্থের পরীক্ষা-লব্ধ ফল হইতে প্রমাণিত হইয়াছে যে, এই তেজস্ক্রিয় রশ্মির বিকিরণের উগ্রতা শুধুমাত্র সেই পদার্থে অবস্থিত তেজস্ক্রিয় মৌলের অনুপাতের উপর নির্ভর করে, অন্যান্য উপাদানের উপস্থিতি বা অপসারণে তেজস্ক্রিয় বিকিরণ কিছুমাত্র প্রভাবিত হয় না। অধিকন্তু এই তেজস্ক্রিয় বিকিরণ আলো, উষ্ণতা, চাপ প্রভৃতির উপর নির্ভর করে না। সুতরাং তেজস্ক্রিয়তা তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুরই ধর্ম ; অর্থাৎ ইহা একটি পারমাণবিক ধর্ম।

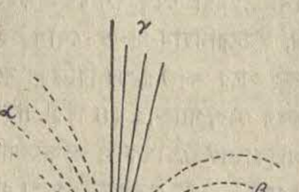
(গ) ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে প্রত্যেক মৌলই বহুসংখ্যক অবিভাজ্য ক্ষুদ্রতম কণা পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত। তেজস্ক্রিয়তা হইতে পাই, পরমাণু অবিভাজ্য নয় ; তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু হইতে অবিরাম স্বতঃস্ফূর্তভাবে অদৃশ্য তেজস্ক্রিয় রশ্মির বিকিরণ হইতে থাকে ; ইহার ফলে এক পরমাণু ভাঙ্গিয়া লঘু ভরের অন্য পরমাণুতে পরিণত হয়।

প্রশ্ন : ১০৫। (ক) α, β ও γ-রশ্মি সম্বন্ধে একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। অথবা, **তেজস্ক্রিয় রশ্মি কয়ভাগে বিভক্ত ও কি কি ? কিভাবে ইহা**

প্রমাণিত হয়? ইহাদের ধর্মসমূহ বিবৃত কর। (খ) বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় রশ্মির প্রকৃতির মধ্যে মূল পার্থক্য কি? কি কি বিষয়ে উহাদের ধর্মের মধ্যে সাদৃশ্য দেখা যায়?

উত্তর: (ক) তেজস্ক্রিয় রশ্মি তিনটি বিভিন্ন রশ্মি লইয়া গঠিত; যথা—α (আল্‌ফা), β (বিটা) ও γ (গামা) রশ্মি। কারণ কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থকে একটি শক্তিশালী চৌম্বক ক্ষেত্র বা তড়িৎ-ক্ষেত্রের নিকট রাখিলে বিকির্ণ রশ্মিগুলি তিন ভাগে বিভক্ত হইয়া যায়।

α-রশ্মি—α-রশ্মি কতকগুলি ধনাত্মক তড়িৎবাহী কণার সমষ্টি। এই কণাগুলি অপেক্ষাকৃত ভারী; ইহাদের প্রত্যেকটির ভর 4 (প্রোটনের চারিগুণ) এবং তড়িৎমাত্রা 2 (প্রোটনের দ্বিগুণ)। অর্থাৎ এই কণাগুলি দুইটি ইলেকট্রন বর্জিত হিলিয়াম পরমাণু। α-রশ্মি গ্যাসকে আয়নিত করে, খুব পাতলা ধাতব পাত ভেদ করিতে পারে এবং ফটোগ্রাফী প্লেট আক্রমণ করে। ইহার গতিবেগ অপেক্ষাকৃত কম। চৌম্বক ও তড়িৎক্ষেত্রে α-রশ্মি এক দিকে বাঁকিয়া যায়।



চিত্র ৮

β-রশ্মি—β-রশ্মি কতকগুলি ঋণাত্মক তড়িৎবাহী কণার সমষ্টি। কণাগুলির ভর ও তড়িৎমাত্রা ইলেকট্রনের ভর ও তড়িৎমাত্রার সমান; অর্থাৎ β-রশ্মি ইলেকট্রনের সমষ্টিমাত্র। ইহা গতিবেগ ও ভেদ ক্ষমতা α-রশ্মি অপেক্ষা বেশী কিন্তু গ্যাসকে আয়নিত করিবার ক্ষমতা α-রশ্মি অপেক্ষা কম। ইহা ফটোগ্রাফী প্লেট আক্রমণ করে। চৌম্বক ও তড়িৎক্ষেত্রে ইহা α-রশ্মির বিপরীত দিকে বাঁকিয়া যায়।

γ-রশ্মি—γ-রশ্মি তড়িৎ-কণা নয়, ইহা অতি ক্ষুদ্র মাপের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট আলোকরশ্মি। গ্যাসকে আয়নিত করিবার ক্ষমতা γ-রশ্মির কম কিন্তু গতিবেগ ও ভেদ ক্ষমতা খুব বেশী। ইহা ফটোগ্রাফী প্লেট আক্রমণ করে। γ-রশ্মি চৌম্বক ও তড়িৎ-ক্ষেত্র দ্বারা প্রভাবিত হয় না, সোজা চলিয়া যায়।

(খ) α-রশ্মি ধনাত্মক তড়িৎবাহী কণার সমষ্টি এবং β-রশ্মি ঋণাত্মক তড়িৎবাহী কণা তথা ইলেকট্রনের সমষ্টি। কিন্তু γ-রশ্মি তড়িৎ-কণা নয়, ইহা অতি ক্ষুদ্র মাপের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট আলোকরশ্মি।

α, β, γ এই তিনটি রশ্মিই ফটোগ্রাফীর প্লেট আক্রমণ করিয়া উহাকে কালো বর্ণ করে, গ্যাসের ভিতর দিয়া প্রবাহকালে গ্যাসকে আয়নিত করে এবং কঠিন পদার্থ ভেদ করিয়া যাইতে পারে। তবে উহাদের আয়ন-ক্ষমতা ও ভেদ ক্ষমতার মধ্যে পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়।

প্রশ্ন : ১০৬। তেজস্ক্রিয়তা সম্বন্ধে একটি সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ।

উত্তর : ১০৪ (ক) ও (খ) এবং ১০৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ১০৭। (ক) পরমাণু গঠনের তিনটি মূলকণা কি ? (খ) কিভাবে এই তত্ত্ব আবিষ্কৃত হয় ? উহাদের প্রকৃতি সম্বন্ধে কি জান ? (গ) ক্যাথোড রশ্মি ও ধনাত্মক রশ্মি কি ?

উত্তর : (ক) ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন এই তিন প্রকার মূলকণার সমন্বয়ে সকল পরমাণু গঠিত ; কেবলমাত্র সাধারণ হাইড্রোজেনের পরমাণুতে নিউট্রন নাই।

(খ) বিংশ শতাব্দীর প্রারম্ভে নানাবিধ পরীক্ষা-লব্ধ ফল হইতে প্রমাণিত হয় যে ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন এই তিনটি মূলকণা লইয়া পরমাণু গঠিত। যেমন—

(i) **ইলেকট্রন**—প্লাটিনাম তড়িৎদ্বার যুক্ত একটি বদ্ধ কাচনলে রক্ষিত যে-কোন গ্যাসের মধ্য দিয়া খুব কম চাপে (0·01 মি. মি.) তড়িৎ-ক্ষরণকালে ক্যাথোড হইতে একপ্রকার অদৃশ্য রশ্মি বাহির হইয়া অ্যানোডের দিকে তীব্র বেগে সরলরেখা বরাবর ধাবিত হয়। এই রশ্মিকে ক্যাথোড রশ্মি বলে। এই অদৃশ্য রশ্মি ফটোগ্রাফীর প্লেট আক্রমণ করে এবং চৌম্বক ক্ষেত্রে ও তড়িৎক্ষেত্রে ইহার গতিপথের বিক্ষেপ ঘটে। বিক্ষেপের প্রকৃতি হইতে বিজ্ঞানী জে. জে. টম্সন সিদ্ধান্ত করেন যে এই ক্যাথোড রশ্মিগুলি ঋণাত্মক তড়িৎবাহী অতি সূক্ষ্ম কণার সমষ্টি। এই ঋণাত্মক তড়িৎবাহী ক্ষুদ্র কণাগুলিকে ইলেকট্রন বলে। প্রতিটি কণায় এক একক ঋণাত্মক তড়িৎ বর্তমান এবং ইহার ভর একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের $\frac{1}{1836}$ অংশ। যে-কোন গ্যাস এবং যে-কোন উপাদানের ক্যাথোড লইয়া পরীক্ষা করিলে একই ভর ও একই ঋণাত্মক তড়িৎমাত্রাযুক্ত কণা অর্থাৎ একই প্রকৃতির ইলেকট্রন পাওয়া যায়। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে সকল পদার্থের পরমাণুতেই মৌলিক উপাদান হিসাবে ইলেকট্রন বর্তমান।

(ii) **প্রোটন**—পরমাণু সমগ্রভাবে তড়িৎ-নিরপেক্ষ। পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হওয়ায় বুঝা যায় যে উহার মধ্যে ইলেকট্রনের বিপরীত ধনাত্মক তড়িৎ কণাও নিশ্চয়ই থাকিবে। বিজ্ঞানী গোল্ডস্টাইন লক্ষ্য করেন, তড়িৎ ক্ষরণকালে ক্যাথোড রশ্মি ছাড়াও আরেক প্রকার রশ্মি অ্যানোড হইতে নির্গত হইয়া ক্যাথোড রশ্মির বিপরীত দিকে বেগে ধাবিত হয়। এই রশ্মিকে ধনাত্মক রশ্মি বলে। এই রশ্মিও তড়িৎ ক্ষেত্র ও চৌম্বকক্ষেত্রের প্রভাবে বাঁকিয়া যায়। ইহা ধনাত্মক তড়িৎবাহী অতি সূক্ষ্ম কণার সমষ্টি। এই কণাগুলিকে প্রোটন বলে। প্রতিটি কণা এক একক ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত এবং ইহার ভর প্রায় হাড্রোজেন পরমাণুর ভরের সমান। অতএব ইলেকট্রনের মত একক ভর ও একক ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত প্রোটনও পরমাণু গঠনের আর একটি মূল উপাদান।

(iii) **নিউট্রন**—চ্যাডউইক α-রশ্মির আঘাতে বেরিলিয়াম মৌলের পরমাণু হইতে উৎপন্ন এক প্রকার তড়িৎশক্তিবিহীন কণা আবিষ্কার করেন। এই কণাগুলিকে নিউট্রন বলে। ইহার ভর প্রোটন তথা হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের সমান কিন্তু ইহা তড়িৎ-নিরপেক্ষ। সেইজন্য ইহার উপর তড়িৎ ক্ষেত্র বা চৌম্বক ক্ষেত্রের কোন প্রভাব নাই।

একমাত্র সাধারণ হাইড্রোজেন ছাড়া প্রত্যেক পরমাণুর ভিতর নিউট্রন থাকে এবং ইলেকট্রন ও প্রোটনের মত ইহাও পরমাণুর একটি মূল উপাদান।

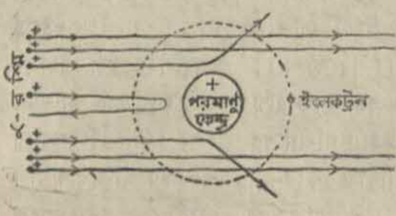
(গ) উপরের (খ) অংশের (i) ও (ii) উত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ১০৮। সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন।

উত্তর : ১০৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ১০৯। কোন্ বিজ্ঞানী কি পরীক্ষার সাহায্যে কিভাবে পরমাণু কেন্দ্রক তথা নিউক্লিয়াসযুক্ত পরমাণুর ধারণা প্রথমে ব্যক্ত করেন। পরীক্ষাটি বিবৃত কর।

উত্তর : 1911 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড α-কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষায় প্রাপ্ত ফলাফলের যথাযথ ব্যাখ্যার জন্য পরমাণুর মধ্যে নিউক্লিয়াসের অস্তিত্ব কল্পনা করেন।



চিত্র ৯

তিনি একটি পাতলা সোনার পাতের উপর α-রশ্মি ফেলিয়া দেখিলেন যে অধিকাংশ α-কণাই প্রায় সোজাসুজি চলিয়া যায়, কিন্তু সংখ্যায় খুব কম হইলেও (20,000-এর মধ্যে একটি) কিছু α-কণা ধাতুটিকে আঘাত করিয়া 90° বা উহার বেশী কোণে বাঁকিয়া যায়, এমন-কি কোন কোনটি বিপরীত দিকে ফিরিয়া আসে। রাদারফোর্ড এই ব্যাখ্যা করিলেন যে প্রত্যেক পরমাণুর অভ্যন্তরে অতি ক্ষুদ্র পরিসরে উহার সমস্ত ধনাত্মক কণা তথা প্রোটন এবং ভর একত্র পুঞ্জীভূত থাকে। ইহাকেই পরমাণু কেন্দ্রক বা নিউক্লিয়াস বলে। ইহার চতুর্দিকে ইলেকট্রনগুলি থাকে। নিউক্লিয়াসের আয়তন খুব কম, ইহার ব্যাস পরমাণুর ব্যাসের $\frac{1}{10,000}$ অংশ মাত্র। যেহেতু পরমাণু নিরেট নয়, উহার আয়তনের অধিকাংশ স্থান ফাঁকা—সেইজন্য বেশীর ভাগ α-কণাই সোজাসুজি চলিয়া যায়, অল্প সংখ্যক α-কণা পথিমধ্যে ধাতব পরমাণুর নিউক্লিয়াস দ্বারা বিকর্ষিত হইয়া বাঁকিয়া যায়।

অতএব রাদারফোর্ডের মতে পরমাণুর সমস্ত ভর এবং সমস্ত ধনাত্মক তড়িৎশক্তি বিশিষ্ট প্রোটন একটি ক্ষুদ্রাকার নিউক্লিয়াসে আবদ্ধ থাকে এবং নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করিয়া এবং অনেক দূরে দূরে বিন্যস্ত থাকিয়া ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি বিশিষ্ট সমসংখ্যক ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের চারিদিকে অবিরাম আবর্তিত হয়।

প্রশ্ন : ১১০। (ক) পরমাণু-কেন্দ্রক বা নিউক্লিয়াস কি? ইহা কি কি উপাদানে গঠিত? ইহার আয়তন কত? (খ) ইলেকট্রন মহল কাহাকে বলে।

উত্তর : (ক) প্রত্যেক পরমাণুর অভ্যন্তরে অতি ক্ষুদ্র পরিসরে সমস্ত ভর এবং সমস্ত ধনাত্মক তড়িৎশক্তি পুঞ্জীভূত থাকে। ইহাকে পরমাণু-কেন্দ্রক বা নিউক্লিয়াস বলে। ইহা মূলতঃ প্রোটন ও নিউট্রন দ্বারা গঠিত। প্রোটন ও নিউট্রনের জন্য

পরমাণুর প্রায় সমস্ত ভর এবং প্রোটনের জন্য সমস্ত ধনাত্মক তড়িৎ এই নিউক্লিয়াসে সন্নিবিষ্ট থাকে। নিউক্লিয়াসের আয়তন খুবই কম; ইহার ব্যাস মোটামুটি 10^{-13} সেন্টিমিটার অর্থাৎ পরমাণুর ব্যাসের $\frac{1}{10,000}$ অংশ মাত্র।

(খ) নিউক্লিয়াসের বাহিরে পরমাণুর বাকী অংশে নগণ্য ভরের ঋণাত্মক তড়িৎযুক্ত ইলেকট্রনগুলি বিন্যস্ত থাকে। ইহাকে ইলেকট্রন মহল বলে। ইলেকট্রন-মহলের অধিকাংশই শূন্যময়। ইহাতে ইলেকট্রন-সংখ্যা পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটন-সংখ্যার সমান। ইলেকট্রনগুলি ইলেকট্রন-মহলে থাকিয়া নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে বিভিন্ন সমকেন্দ্রিক বৃত্তাকার ও উপবৃত্তাকার কক্ষপথে অবিরাম বেগে আবর্তিত হইতেছে।

প্রশ্ন: ১১১। (ক) পরমাণুতে কি কি অন্তিম কণা বিদ্যমান? (খ) কিভাবে উহারা পরমাণুর মধ্যে বিন্যস্ত আছে?

উত্তর: (ক) ১০৭ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) বিজ্ঞানীদের মতে প্রত্যেক পরমাণুর দুইটি অংশ আছে; যথা নিউক্লিয়াস ও ইলেকট্রন মহল। পরমাণুর কেন্দ্রে অবস্থিত নিউক্লিয়াসের ক্ষুদ্র পরিসরে উহার সমস্ত ভর ও ধনাত্মক তড়িৎ তথা সমস্ত প্রোটন ও নিউট্রন আবদ্ধ থাকে। এই নিউক্লিয়াসকে বেষ্টন করিয়া উহার চতুর্দিকে বৃহৎ আয়তনের ইলেকট্রন মহল অবস্থিত। ইলেকট্রন মহলের অধিকাংশই শূন্যময়। নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করিয়া এবং এই ইলেকট্রন মহলে অনেক দূরে দূরে বিভিন্ন কক্ষে বিন্যস্ত থাকিয়া ঋণাত্মক তড়িৎ বিশিষ্ট ইলেকট্রনগুলি নিউ-ক্লিয়াসের চতুর্দিকে বিভিন্ন সমকেন্দ্রিক ও বৃত্তাকার কক্ষে অবিরাম আবর্তিত হয়। ইলেকট্রনগুলি সংখ্যায় সর্বদাই নিউক্লিয়াসে অবস্থিত ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত প্রোটন-সংখ্যার সমান থাকে, কারণ পরমাণু তড়িৎ নিরপেক্ষ।

প্রশ্ন: ১১২। ব্যাখ্যা কর, কি কারণে স্বীকার করা হয় যে (ক) প্রত্যেক পরমাণুর ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত একটি পরমাণু কেন্দ্রক আছে যাহা সামান্য আয়তন অধিকার করে। (খ) পরমাণুতে ইলেকট্রন-সংখ্যা কেন্দ্রে অবস্থিত প্রোটনের সমান; (গ) নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে ইলেকট্রন-গুলি পরিভ্রমণরত।

উত্তর: (ক) ১০৯ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) পরমাণু সমগ্রভাবে তড়িৎ-নিরপেক্ষ, কিন্তু পাতলা ধাতব পাতের উপর রাদার-ফোর্ডের α-কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষায় দেখা যায় পরমাণুর নিউক্লিয়াস ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত। আবার টমসনের ক্যাথোড রশ্মি পরীক্ষায় জানা যায় এই রশ্মি ঋণাত্মক তড়িৎযুক্ত কণা ইলেকট্রনের সমষ্টি এবং এই ইলেকট্রন সকল মৌলের পরমাণুরই মূল উপাদান। অতএব ইহা স্বীকার করা হয় যে নিউক্লিয়াসস্থিত ধনাত্মক তড়িৎশক্তির সংখ্যা সম-সংখ্যক ইলেকট্রনের ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি দ্বারা প্রশমিত থাকে এবং এই ইলেকট্রনগুলি নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে অবস্থিত।

(গ) নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে ইলেকট্রনগুলি গতিহীন অবস্থায় পরমাণুতে টিকিয়া থাকিতে পারে না কারণ সে অবস্থায় উহারা নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক তড়িৎশক্তি তথা প্রোটন দ্বারা আকর্ষিত হইয়া পরিশেষে নিউক্লিয়াসের মধ্যে প্রবেশ করিবে। সেই কারণে অনুমান করা হয় যে ইলেকট্রনগুলি নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করিয়া উহার চতুর্দিকে বিভিন্ন সমকেন্দ্রিক ও বৃত্তাকার কক্ষে দ্রুত আবর্তন করে; ঘূর্ণনের ফলে উদ্ভূত কেন্দ্রাতিগ বল নিউক্লিয়াসের কেন্দ্রাভিমুখী ইলেকট্রন আকর্ষণ বল প্রতিরোধ করিতে সমর্থ হয়।

প্রশ্ন : ১১৩। (ক) পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে রাদারফোর্ডের প্রাথমিক ধারণা বিবৃত কর। (খ) ব'হুর কর্তৃক কি কারণে ও কিভাবে এই ধারণা পরিবর্তিত হইয়াছে ?

উত্তর : (ক) [প্রথমে ১১১ (খ) নং প্রশ্নের উত্তর লিখ।] ইহা ছাড়া নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে ইলেকট্রনগুলির অবিরত আবর্তনের ফলে সৃষ্ট কেন্দ্রাতিগ বল এবং ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত নিউক্লিয়াস ও ঋণাত্মক তড়িৎযুক্ত ইলেকট্রনের আকর্ষণ বল পরস্পর বিপরীত-মুখী ক্রিয়া করে বলিয়া উভয়ের মধ্যে সমতা রক্ষা হয়; ফলে ইলেকট্রনগুলি নিজ নিজ নির্দিষ্ট কক্ষে ঘুরিতে থাকে।

(খ) পরমাণুর গঠনে ইলেকট্রনসমূহের অবস্থান সম্বন্ধে রাদারফোর্ডের অভিমত ত্রুটিপূর্ণ ছিল। কারণ (i) কোন ইলেকট্রন অবিরত ঘূর্ণন অবস্থায় থাকিলে আলোক শক্তি বিকিরণের ফলে উহার গতিশক্তি ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং ক্রমশঃ উহার কক্ষপথ ক্ষুদ্রতর হইতে হইতে পরিশেষে উহা নিউক্লিয়াসের মধ্যে পড়িবে ; ফলে এইরূপ পরমাণু অতিমাত্রায় অস্থায়ী হইবে। (ii) আবর্তিত ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে নিরন্তর আলোকশক্তি বিকিরণের ফলে পরমাণু অবিচ্ছিন্ন বর্ণালী সৃষ্টি করে কিন্তু বাস্তবে পরমাণুর রেখা-বর্ণালী পাওয়া যায়; অর্থাৎ রাদারফোর্ডের পরমাণুর মডেল রেখা-বর্ণালী ব্যাখ্যা করিতে অসমর্থ হয়। এই সকল ত্রুটি দূর করিতে নীলস ব'হুর (Niel Bohr) 1913 খ্রীষ্টাব্দে রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের কিছু সংশোধন করেন। এইজন্য তিনি পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রনসমূহের বিন্যাস সম্বন্ধে কোয়ান্টাম তত্ত্বের সাহায্য লইয়া এক মতবাদ উপস্থাপিত করেন। ইহাকে ব'হুর-এর তত্ত্ব বা মতবাদ বলা হয়। তাহার মতবাদের মুখ্য তিনটি স্বীকার্য বিষয় নিম্নরূপ :—

(১) পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রনগুলি নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে নির্দিষ্ট বৃত্তীয় কক্ষপথে ভ্রমণ করে। ভ্রমণরত বৃত্তগুলির ব্যাসার্ধ সর্বদাই ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ $\frac{h}{2\pi}$-এর কোন সরল গুণিতকে থাকে।

(২) কোন নির্দিষ্ট একটি কক্ষে পরিভ্রমণকালে ইলেকট্রন কোন আলোকশক্তি বিকিরণ করে না; ফলে সেই কক্ষে আবর্তিত অবস্থায় ইলেকট্রন তথা সমগ্র পরমাণু একটি স্থির পরিমাণ শক্তি ধারণ করে।

(৩) কোন ইলেকট্রন উহার নির্দিষ্ট উচ্চ স্থাণু-স্তর হইতে নিউক্লিয়াসের নিকটবর্তী

অন্ত যে-কোন নিম্ন স্থাণু-স্তরে চলিয়া আসিতে পারে। ইহাতে কিছু আলোক শক্তি পরমাণু হইতে নির্গত হয় এবং এই উৎসারিত শক্তির পরিমাণ দুই স্থাণু-স্তরের শক্তির পার্থক্যের সমান।

প্রশ্ন : ১১৪। (ক) পরমাণুতে ইলেকট্রনসমূহের অবস্থান সম্পর্কে ব'হ্‌র-এর মতবাদ লিপিবদ্ধ কর। (খ) স্থাণু কক্ষপথ কি? অনুস্তর কাহাকে বলে?

উত্তর : (ক) ১১৩ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) **স্থাণু কক্ষপথ**—কোন একটি নির্দিষ্ট কক্ষে পরিভ্রমণকালে ইলেকট্রন কোন আলোকশক্তি বিকিরণ করে না বলিয়া উহার অভ্যন্তরস্থ শক্তি নির্দিষ্ট থাকে। আবার প্রত্যেকটি নির্বাচিত কক্ষপথের ইলেকট্রনের অভ্যন্তরস্থ শক্তি বিভিন্ন হইলেও নির্দিষ্ট হয়। এইরূপ নির্দিষ্ট শক্তি বিশিষ্ট নির্বাচিত প্রত্যেকটি কক্ষপথকে এক একটি স্থাণু কক্ষপথ বা স্তর বলে। এই কক্ষপথে ইলেকট্রন স্থির থাকে না কিন্তু আবর্তনকালে কোন আলোকশক্তি বিকিরণ হয় না বলিয়া যে-কোন স্থাণু কক্ষপথে ইলেকট্রন পরিভ্রমণ-কালে পরমাণুর শক্তি নির্দিষ্ট থাকে; অর্থাৎ ইলেকট্রনটি নির্দিষ্ট শক্তি স্তরে আছে বলা হয়।

অনুস্তর—বিভিন্ন পরমাণুর রেখা-বর্ণালীর সূক্ষ্ম বিশ্লেষণে দেখা যায়, পরমাণুর কোন একটি মুখ্য স্তরের ইলেকট্রনগুলির দুইটি মাত্র বৃত্তপথে ঘোরে, বাকীগুলি বিভিন্ন উপবৃত্ত পথে ঘোরে। এই বিভিন্ন বৃত্তাকার ও উপবৃত্তাকার স্তরগুলিকে অনুস্তর বলে।

প্রশ্ন : ১১৫। (ক) কোন মুখ্য স্তরে সর্বাধিক কয়টি অণুস্তর থাকিতে পারে? উহাদিগকে কিভাবে চিহ্নিত করা হয়? এই সকল অণুস্তরে ইলেকট্রন-সংখ্যার ঊর্ধ্ব সীমা কত? (খ) কক্ষীয় কাহাকে বলে? বিভিন্ন অণুস্তরে সর্বাধিক কয়টি কক্ষীয় থাকিতে পারে?

উত্তর : (ক) পরমাণুর কোন মুখ্য শক্তি স্তরে বা কক্ষে সর্বাধিক চারিটি অণুস্তর থাকিতে পারে। এই অণুস্তরগুলি যথাক্রমে s, p, d, f দ্বারা নির্দেশিত হয়; এই কারণে এই অণুস্তরের ইলেকট্রনগুলিকে s, p, d, f ইলেকট্রন বলা হয়। s, p, d ও f অণুস্তর গুলিতে যথাক্রমে সর্বাধিক 2, 6, 10 ও 14-টি ইলেকট্রন থাকিতে পারে।

(খ) প্রত্যেক অণুস্তরে একক বা যুগ্মভাবে ইলেকট্রন অবস্থান করিতে পারে কিন্তু উহাদের সংখ্যাও নির্দিষ্ট থাকে। সাধারণতঃ কোন অণুস্তরে দুইটি ইলেকট্রন থাকিলে উহারা বিপরীতমুখী ঘূর্ণন অবস্থায় যুগ্মভাবে অবস্থান করে। কোন অণুস্তরে দুইটি ইলেকট্রন এইরূপ অবস্থায় থাকিলে সেই ইলেকট্রন জোড়কে কক্ষীয় বলে। যে-কোন মুখ্য স্তরের s অণুস্তরে 1-টি, p অণুস্তরে 3-টি, d অণুস্তরে 5-টি এবং f অণুস্তর 7-টি কক্ষীয় থাকে।

প্রশ্ন : ১১৬। (ক) পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস সংকেতের সাহায্যে কিভাবে প্রকাশ করা হয় উদাহরণসহ লিখ। (খ) সন্ধিগত মৌল কাহাকে বলে? ইহাদের ইলেকট্রন-বিন্যাসের বৈশিষ্ট্য কি?

উত্তর : (ক) পরমাণু গঠনে ইলেকট্রনগুলি নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে বিভিন্ন কক্ষ

তথা শক্তিস্তরের ভিন্ন ভিন্ন অপুস্তরে বিন্যস্ত থাকে। সেইজন্য প্রত্যেক কক্ষের মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা প্রথমে লিখিয়া উহার পাশে অপুস্তরের চিহ্ন বসাইয়া সেই অপুস্তরের ইলেকট্রন-সংখ্যাটি চিহ্নের ডানদিকের মাথায় লিখিলেই মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস পাওয়া যায়। যেমন হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^1$, লিথিয়ামের $1s^2\ 2s^1$, বোরনের $1s^2\ 2s^2\ 2p^1$, ক্লোরিনের $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$ প্রভৃতি।

(খ) কোন কোন মৌলের পরমাণুর সর্ব-বহিঃস্থ স্তরের s অপুস্তরে একটি বা দুইটি ইলেকট্রন থাকে, তদুপরি উহার পূর্ববর্তী তথা ভিতরের স্তরের d অপুস্তর ইলেকট্রন দ্বারা আংশিক অপূর্ণ থাকিয়া যায়। অর্থাৎ এই সকল মৌলের বহিঃস্থ দুইটি কক্ষই ইলেকট্রন দ্বারা অসম্পূর্ণ থাকে। এই মৌলগুলিকে সন্ধিগত মৌল বলে। প্রকৃতপক্ষে পূর্ববর্তী বা ভিতরের স্তরের d-অপুস্তর পূর্ণ হইবার পূর্বেই পরবর্তী সর্ব-বহিঃস্থ স্তরে ইলেকট্রন অবস্থান করিলে সন্ধিগত মৌলের সৃষ্টি হয়। পর্যায়-সারণীর Sc (21) হইতে Cu(29), Y(29), হইতে Ag(47) এবং La (57) হইতে Au(79) পর্যন্ত মৌলগুলি সন্ধিগত মৌল। অপূর্ণ d-অপুস্তর সন্ধিগত মৌলের বৈশিষ্ট্য। ইহাদের বহিঃস্থ কক্ষ দুইটির ইলেকট্রনগুলির সাধারণ সংকেত $(n-1)\ d^{1-9}ns^{1-2}$.

প্রশ্ন : ১১৭। ইলেকট্রন-বিন্যাস সম্পর্কিত নিম্নলিখিত পদগুলি ব্যাখ্যা কর :—(ক) মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা ; (খ) দিগংশীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা ; (গ) চৌম্বক কোয়ান্টাম সংখ্যা ; (ঘ) ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা।

উত্তর : (ক) **মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা**—কোন স্থায়ু কক্ষপথে ইলেকট্রন পরিভ্রমণকালে উহা একটি নির্দিষ্ট শক্তিস্তরে থাকে এবং পরমাণুটি নির্দিষ্ট শক্তি সম্পন্ন সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে। নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে বিভিন্ন স্থায়ু কক্ষপথগুলি ভিন্ন ভিন্ন শক্তিস্তর নির্দেশ করে। কোন ইলেকট্রন এক স্থায়ু কক্ষপথ হইতে কেন্দ্র হইতে দূরবর্তী অন্য কোন স্থায়ু কক্ষপথে প্রবেশ করিলে পরমাণুর নির্দিষ্ট শক্তি বৃদ্ধি পায় এবং উহা উচ্চতর শক্তিসম্পন্ন সাম্যাবস্থায় উপনীত হয়। অতএব ইলেকট্রনগুলির বিভিন্ন ও নির্দিষ্ট বৃত্তকক্ষে অবস্থানে পরমাণুও কতকগুলি নির্দিষ্ট শক্তিসম্পন্ন সাম্যাবস্থায় থাকে। এই সকল বিভিন্ন শক্তিসম্পন্ন সাম্যাবস্থা তথা শক্তিস্তরকে মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা, n নামে অভিহিত করা হয় এবং কেন্দ্র হইতে ক্রমিক দূরত্ব অনুসারে 1, 2, 3, 4···প্রভৃতি সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। ইহাদিগকে K, L, M, N··· প্রভৃতি কক্ষও বলা হয়।

(খ) **দিগংশীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা**—বিভিন্ন পরমাণুর রেখা-বর্ণালীর সূক্ষ্ম বিশ্লেষণে দেখা যায় পরমাণুর কোন একটি মুখ্য কোয়ান্টাম স্তরের ইলেকট্রনগুলির দুইটি মাত্র বৃত্তপথে ঘোরে, বাকীগুলি উপবৃত্ত পথে ঘোরে এবং কেন্দ্র উপবৃত্তের একটি ফোকাসে অবস্থান করে। এই বিভিন্ন বৃত্তাকার ও উপবৃত্তাকার স্তরগুলিই অপুস্তর বুঝায় এবং উপবৃত্তাকার কক্ষপথের শক্তি যে কোন মুখ্য শক্তিস্তরের অপুস্তরগুলিতে সামান্য পার্থক্য হয়। এই সকল বিভিন্ন শক্তিসম্পন্ন অপুস্তরগুলি দিগংশীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা, *l* নামে অভিহিত। ইহা ইলেকট্রনের কক্ষপথের আকার বর্ণনা করে। নিরপেক্ষ পরমাণুতে *l*-এর নির্দিষ্ট মান থাকে এবং এই মান 0 হইতে n − 1 পর্যন্ত হয়। কোন মুখ্য স্তরের

সর্বাধিক $l=0, 1, 2, 3$ এই চারিটি অণুস্তর থাকে। অতএব K স্তরে একটি ($l=0$), L-স্তরে দুইটি ($l=0, 1$), M-স্তরে তিনটি ($l=0, 1, 2$) এবং N,O প্রভৃতি অন্যান্য স্তরে চারিটি ($l=0, 1, 2, 3$) অণুস্তর থাকে। এই চারিটি অণুস্তর যথাক্রমে s, p, d, f দ্বারা নির্দেশিত হয়।

(গ) **চৌম্বক কোয়ান্টাম সংখ্যা**—ইলেকট্রনের উপর চুম্বকক্ষেত্রের প্রভাব আছে। সেইজন্য চতুর্পার্শ্বে তড়িৎ কণার দরুন সৃষ্ট চুম্বকক্ষেত্রের প্রভাবে কোন অণুস্তরের ইলেকট্রনগুলি পুনরায় কয়েকটি বিভিন্ন অণুস্তরে থাকিতে পারে, কারণ বিভিন্ন ইলেকট্রনের উপর উপরোক্ত চুম্বকক্ষেত্রের প্রভাব সমান থাকে না। এইরূপ বিভিন্ন শক্তিস্তরকে চৌম্বক কোয়ান্টাম সংখ্যা, m নামে অভিহিত করা হয়। l-এর মানের উপর m-এর মান নির্ভর করে এবং তাহা l হইতে আরম্ভ করিয়া শূন্যের (0) ভিতর দিয়া $+l$ পর্যন্ত হয়। অর্থাৎ $l=0$ হইলে m-এর মান একটি অর্থাৎ 0 হইবে। কিন্তু $l=1$ হইলে m-এর $-1, 0, +1$ এই তিনটি মান হইবে।

(ঘ) **ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা**—ইলেকট্রনগুলি শুধুমাত্র নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে ঘোরে না, নিজের অক্ষদণ্ডেও লাটিমের মত ঘোরে। ইহাতে কৌণিক ভরবেগ সৃষ্টি হয় এবং শক্তিস্তর লাভ করে। এই বিভিন্ন শক্তিস্তর ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা, s নামে অভিহিত। দুই বিপরীতমুখী ঘূর্ণন সম্ভবপর বলিয়া ইহা $+\frac{1}{2}$ ও $-\frac{1}{2}$ এই দুই মানের হয়।

প্রশ্ন : ১১৮। (ক) পরমাণু-ক্রমাঙ্ক কি ? ইহার সহিত নিউক্লিয়াসের কি সম্বন্ধ বিদ্যমান। (খ) 'কোন মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক উহার পারমাণবিক ওজন অপেক্ষা অধিকতর মৌলিক'—এই উক্তির তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। (গ) দুইটি মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 20 ও 30 হইলে উহাদের ইলেকট্রন-বিন্যাস কিরূপ হইবে ?

উত্তর : (ক) **পরমাণু-ক্রমাঙ্ক**—কোন মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসের মধ্যে অবস্থিত প্রোটনের সংখ্যা কিংবা নিউক্লিয়াসের বাহিরে অবস্থিত ইলেকট্রন-সংখ্যাকে ঐ সেই মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বা পারমাণবিক সংখ্যা বলে। মৌলের মূল রাসায়নিক উহার পরমাণু-ক্রমাঙ্কের উপর নির্ভর করে। হাইড্রোজেন, কার্বন, ক্লোরিন, ক্যালসিয়াম ও ইউরেনিয়ামের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে 1, 6, 17, 20 ও 92. পরমাণু-ক্রমাঙ্ক দ্বারা মৌলগুলির ক্রমিক সংখ্যা বুঝায় এবং পর্যায়-সারণীতে মৌলগুলিকে এই ক্রমিক সংখ্যা অনুসারে সাজান হয়।

পরমাণুর নিউক্লিয়াসে সমস্ত ধনাত্মক তড়িৎ কেন্দ্রীভূত থাকে এবং ইহার পরিমাণ মোট প্রোটন সংখ্যার সমান। নিউক্লিয়াসস্থিত ধনাত্মক তড়িতের এককের পরিমাণ তথা প্রোটন সংখ্যাকেই পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বলা হয়। নিউক্লিয়াসে প্রোটন-সংখ্যা হ্রাস-বৃদ্ধি হইলে পরমাণু-ক্রমাঙ্কেরও হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে এবং নূতন নূতন মৌল সৃষ্টি হয়।

(খ) [প্রথমে ১১৮ (ক) নং ও ২৫ (iii) নং প্রশ্নের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক ও পারমাণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা লিখ] 1913 খ্রীষ্টাব্দে মোজ্‌লে (Mosley)-এর আবিষ্কৃত তথ্য হইতে

প্রমাণিত হয়, মৌলের ধর্ম উহার পরমাণু-ক্রমাঙ্কের উপর নির্ভর করে। তদুপরি সমস্থানিকের অস্তিত্ব নিঃসন্দেহে প্রমাণ করে যে মৌলের ধর্ম উহার পারমাণবিক ওজনের উপর নির্ভর করে না কিন্তু পরমাণু-ক্রমাঙ্কের উপর নির্ভরশীল। কারণ একই মৌলের পরমাণুতে একই সংখ্যক প্রোটন কিন্তু বিভিন্ন সংখ্যক নিউট্রন থাকিলে সদৃশ ধর্ম বিশিষ্ট সমস্থানিকের সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক এক থাকিলেও উহার পারমাণবিক ওজন বিভিন্ন হয়। যেমন আর্গন ও পটাসিয়ামের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে 18 ও 19 ; আর্গনের পারমাণবিক ওজন (34·94) পটাসিয়ামের পারমণবিক ওজন (39·1) অপেক্ষা বেশী হইলেও উহার পরমাণু-ক্রমাঙ্ক কম বলিয়া পর্যায়-সারণীতে পটাসিয়ামের পূর্বে আর্গন বসে। সুতরাং মৌলের পারমাণবিক ওজন অপেক্ষা পরমাণু-ক্রমাঙ্ক অধিকতর মৌলিক।

(গ) মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 20 ও 30 হইলে উহাদের নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে যথাক্রমে 20-টি ও 30-টি ইলেকট্রন বিভিন্ন কক্ষে বিন্যস্ত থাকে। অতএব ব'য়র-এর বিন্যাস-ব্যবস্থা অনুসারে উহাদের ইলেকট্রন-বিন্যাস যথাক্রমে $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ এবং $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ হইবে।

প্রশ্ন : ১১৯। (ক) সমস্থানিক কাহাকে বলে? কোন মৌলের সমস্থানিক থাকিবার কারণ কি? (খ) সর্বপ্রথম কিভাবে কোন্ শ্রেণীর মৌলের সমস্থানিক আবিষ্কৃত হয়? (গ) অনুষঙ্গী সমস্থানিকসহ কয়েকটি মৌলের নাম কর। (ঘ) মৌলের পারমাণবিক ওজন সাধারণতঃ ভগ্নাংশ হয় কেন? (ঙ) ভর-সংখ্যা কি?

উত্তর : (ক) **সমস্থানিক**—একই মৌলের নিউক্লিয়াসে একই সংখ্যক প্রোটন কিন্তু বিভিন্ন সংখ্যক নিউট্রন বিশিষ্ট বিভিন্ন ভরের ভিন্ন ভিন্ন পরমাণুকে সেই মৌলের সমস্থানিক বলে। একই প্রোটন-সংখ্যার জন্য উহাদের ধর্ম সদৃশ থাকে এবং একই মৌলের এইরূপ বিভিন্ন পরমাণু পর্যায়-সারণীতে একই স্থানে অবস্থান করে। প্রায় সকল মৌলের এক বা একাধিক সমস্থানিক আছে।

পরমাণুর নিউক্লিয়াসে নিউট্রন-সংখ্যার বিভিন্নতার জন্য একই মৌলের বিভিন্ন সমস্থানিক গঠিত হয়। কারণ, নিউট্রন সংখ্যার পার্থক্যের জন্য উহাদের বিভিন্ন ভর হয়।

(খ) সর্বপ্রথম তেজস্ক্রিয় মৌলের সমস্থানিক আবিষ্কৃত হয়। 1913 খ্রীষ্টাব্দে রাসেল, ফ্যাজান এবং সডি পৃথকভাবে লক্ষ্য করেন যে তেজস্ক্রিয় মৌল হইতে একটি α-কণা এবং তারপর দুইটি β-কণা পর পর নিষ্ক্রান্ত হইলে মৌলের ক্রমাঙ্ক একই থাকে কিন্তু ভরের পার্থক্য ঘটে। যেমন ইউরেনিয়াম (ক্রমাঙ্ক 92, ভর 238) এই নিয়মে ইউরেনিয়াম (ক্রমাঙ্ক 92, ভর 234)-এ পরিণত হয়। অতএব এই দুই ভিন্ন ভরযুক্ত কিন্তু একই ক্রমাঙ্কের ইউরেনিয়াম সমস্থানিক হইবে। একইভাবে রেডিয়াম, থোরিয়াম প্রভৃতি তেজস্ক্রিয় মৌলের একাধিক সমস্থানিক পাওয়া যায়। অতঃপর সাধারণ মৌলেরও সমস্থানিক আবিষ্কৃত হয়।

(গ) ক্লোরিনের 17 ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট 35 ও 37 ভরের দুই প্রকার পরমাণু আছে।

অতএব $^{35}_{17}Cl$ ও $^{37}_{17}Cl$ ক্লোরিনের দুইটি সমস্থানিক। হাইড্রোজেনের 1, 2 ও 3 ভরবিশিষ্ট তিনটি সমস্থানিক যথাক্রমে $^{1}_{1}H$, $^{2}_{1}H$ ও $^{3}_{1}H$. অনুরূপে $^{16}_{8}O$, $^{17}_{8}O$ ও $^{18}_{8}O$ অক্সিজেনের তিনটি সমস্থানিক।

(ঘ) প্রকৃতিতে মৌলগুলি উহাদের বিভিন্ন সমস্থানিকের মিশ্রণরূপে থাকে এবং উহাদের অনুপাতও নির্দিষ্ট। মৌলের পারমাণবিক ওজন উহার বিভিন্ন সমস্থানিকের গড় ওজন নির্দেশ করে বলিয়া ভগ্নাংশ হয়। সাধারণ হাইড্রোজেনে 99·984% $^{1}_{1}H$ ও 0·016% $^{2}_{1}H$ মিশ্রণরূপে থাকে বলিয়া উহাদের গড় ওজন 1·008 ; ইহাই হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন। ক্লোরিনে দুইটি সমস্থানিক $^{35}_{17}Cl = 75{\cdot}4\%$ ও $^{37}_{17}Cl = 24{\cdot}6\%$ হারে মিশ্রিত থাকে ; ফলে ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন 35·453 হয়।

(ঙ) কোন মৌলের সমস্থানিকগুলির পারমাণবিক ওজন প্রায় পূর্ণ-সংখ্যা হইলেও একেবারে পূর্ণ-সংখ্যা হয় না ; নিকটতম পূর্ণ-সংখ্যাকে সেই সমস্থানিকের ভর-সংখ্যা বলে। যেমন কার্বনের দুইটি সমস্থানিকের পারমাণবিক ওজন 12·00398 ও 13·00761 ; সুতরাং উহাদের ভর-সংখ্যা যথাক্রমে 12 ও 13. সাধারণভাবে নিউক্লিয়াসস্থিত প্রোটন-নিউট্রনের সমষ্টি সংখ্যাকে ভর-সংখ্যা বলা হয়।

প্রশ্ন : ১২০। রাসায়নিক বণ্ড বা বন্ধন কি? ইহার সহিত যোজ্যতার কি সম্পর্ক আছে?

উত্তর : একাধিক মৌলের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগের সময় সংশ্লিষ্ট পরমাণুগুলির আকর্ষণজনিত একপ্রকার বল ক্রিয়াশীল থাকে ; এই প্রকার বলকেই রাসায়নিক বণ্ড বা বন্ধন বলে। যোজ্যতা দ্বারা একটি মৌলের সহিত অপর কোন মৌলের রাসায়নিক সংযুক্তির ক্ষমতা বুঝায় এবং রাসায়নিক বন্ধন বা বণ্ড দ্বারা উহাদের পরমাণুর মধ্যে ক্রিয়াশীল বলের প্রভাবে যে বিশেষ ধরণের সংযুক্তি ঘটে তাহা বুঝায়। অতএব দুইটি পদই প্রায় সমান অর্থ জ্ঞাপন করে।

প্রশ্ন : ১২১। (ক) রাসায়নিক বণ্ড বা যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় মতবাদ কি? এই মতবাদ অনুসারে কয় প্রকার বণ্ড বা যোজ্যতা দেখা যায়? উহাদের নাম লিখ। (খ) যোজক ইলেকট্রন কি?

উত্তর : (ক) ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে কোন পরমাণুর সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন-সংখ্যাই প্রধানতঃ উহার বণ্ড বা যোজ্যতার প্রকৃতি ও মান নির্ধারণ করে কারণ বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলির রাসায়নিক সংযোগের সময় প্রধানতঃ উহারা অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে। প্রত্যেক মৌলের পরমাণুই উহার বহিঃস্থ-কক্ষে 8-টি ইলেকট্রন পূর্ণ করিয়া নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর ন্যায় সুস্থিরতা পাইতে চায়। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মৌলের পরমাণুগুলির সংযোজনকালে উহাদের বহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রনসমূহ একটি অপরটিকে দান করিয়া বা অপরটি হইতে গ্রহণ করিয়া বা পরস্পর অংশভাগী হইয়া আদান-প্রদানের ফলে প্রত্যেক মৌলের পরমাণুই উহার নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর স্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ করে। ফলে বিভিন্ন পরমাণুর রাসায়নিক সংযুতিতে প্রধানতঃ তিন প্রকার বণ্ড বা যোজ্যতার উদ্ভব হয়। যথা—

তড়িৎযোজী বা আয়নীয় বণ্ড বা যোজ্যতা, সমযোজী বণ্ড বা সমযোজ্যতা এবং অসমযোজী বণ্ড বা অসমযোজ্যতা।

(খ) সাধারণতঃ পরমাণুর সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষে অবস্থিত ইলেকট্রনগুলি রাসায়নিক সংযুক্তির সময় অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে এবং এই ইলেকট্রন-সংখ্যার উপর যে-কোন মৌলের যোজ্যতা নির্ভর করে। সেই কারণে উহাদিগকে যোজক-ইলেকট্রন বলে।

প্রশ্ন : ১২২। (ক) তড়িৎ বা আয়নীয় যোজাতা ও সমযোজ্যতা কাহাকে বলে? উপযুক্ত উদাহরণ দেখাইয়া ব্যাখ্যা কর। (খ) আয়নীয় বণ্ড ও সমযোজী বণ্ড কি?

উত্তর : (ক) তড়িৎ বা **আয়নীয় যোজ্যতা**—দুইটি পরমাণুর রাসায়নিক সংযোগকালে কোন কোন ক্ষেত্রে একটি পরমাণু উহার সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন বর্জন করে এবং অপর পরমাণু উহা গ্রহণ করিয়া নিজের বহিঃস্থ কক্ষে স্থাপন করে। দুই পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন গ্রহণ ও বর্জন এমনভাবে হয় যাহাতে উভয় পরমাণুই নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর ন্যায় স্থায়ী ইলেকট্রনীয় গঠন লাভ করে। ইলেকট্রন বর্জনের ফলে প্রথম পরমাণু ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত আয়নে এবং দ্বিতীয় পরমাণু ঐ বর্জিত ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে ঋণাত্মক আয়নে পরিণত হয়; পরে এই দুই বিপরীতধর্মী আয়ন স্বাভাবিক আকর্ষণে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় আয়নগুলি পরস্পর হইতে সহজেই বিচ্ছিন্ন হইয়া সাধারণভাবে গতিশীল হয় এবং তড়িৎ পরিবহণ করে। ইলেকট্রন বা বর্জন পদ্ধতিতে পরমাণুর সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষে ইলেকট্রন অষ্টক গঠনে যে যোজ্যতার প্রকাশ পায় তাহাকে তড়িৎ-যোজ্যতা বা আয়নীয় যোজ্যতা বলে। যৌগ গঠনে গৃহীত বা বর্জিত ইলেকট্রন-সংখ্যা দ্বারা মৌলের যোজ্যতা নির্ধারিত হয়। তড়িৎ-যোজ্যতা দ্বারা উৎপন্ন যৌগকে তড়িৎ-যোজী বা আয়নীয় যৌগ বলে।

উদাহরণ—সাধারণভাবে ধাতব মৌলের পরমাণুর বহিঃস্থ কক্ষে ইলেকট্রন-সংখ্যা কম এবং অধাতব মৌলের পরমাণুর বহিঃস্থ কক্ষে ইলেকট্রন সংখ্যা বেশী থাকে। সুতরাং ধাতব ও অধাতব মৌলের রাসায়নিক সংযোগে ধাতু ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া এবং অধাতু ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর গঠন লাভ করে।

সোডিয়াম পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস 2, 8, 1 এবং ক্লোরিন পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস 2, 8, 7. রাসায়নিক সংযোগকালে সোডিয়াম পরমাণু উহার বহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রনটি বর্জন করিলে উহার বহিঃস্থ কক্ষে ৪-টি ইলেকট্রন থাকে। অপরদিকে ক্লোরিন পরমাণু সেই বর্জন করা ইলেকট্রনটি বহিঃস্থ কক্ষে গ্রহণ করিয়া ৪-টি ইলেকট্রন পূর্ণ করে। এইভাবে একটি ইলেকট্রনের আদান-প্রদানের ফলে সোডিয়াম ও ক্লোরিন উভয় পরমাণুই স্থায়ী ইলেকট্রনীয় গঠন পায়। একটি ইলেকট্রন বর্জনের ফলে সোডিয়াম পরমাণু Na^+ আয়নে এবং একটি ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে ক্লোরিন পরমাণু Cl^- আয়নে পরিণত হয়। এই দুই বিপরীতধর্মী Na^+ ও Cl^- আয়ন তড়িৎ-আকর্ষণ বল দ্বারা

যুক্ত হইয়া NaCl উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে সোডিয়ামের ধনাত্মক-তড়িৎ যোজ্যতা 1 এবং ক্লোরিনের ঋণাত্মক তড়িৎ-যোজ্যতা 1 হয়।

$$\underset{(2,8,1)}{\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{{}^{\times}_{\times}\mathrm{Na}^{\times}_{\times}\times}}} + \underset{(2,8,7)}{\dot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}}:} \rightarrow \left[\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{{}^{\times}_{\times}\mathrm{Na}^{\times}_{\times}}}\right]^{+} + \left[{}^{\times}\cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}}:\right]^{-} \Rightarrow \mathrm{NaCl}$$

$CaCl_2$ যৌগ গঠনকালে একটি Ca পরমাণু (ইলেকট্রন-বিন্যাস 2, 8, 8, 2) বহিঃস্থ কক্ষের দুইটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে এবং প্রত্যেকটি Cl পরমাণু একটি করিয়া ইলেকট্রন বহিঃস্থ কক্ষে গ্রহণ করে। এইভাবে উহাদের বহিঃস্থ কক্ষে 8-টি ইলেকট্রন থাকিয়া স্থায়ী গঠন পায়। একটি Ca^{++} ও দুইটি Cl^{-} আয়ন তড়িৎ আকর্ষণ-বল দ্বারা যুক্ত থাকে এবং $CaCl_2$ উৎপন্ন করে। ক্যালসিয়ামের ধনাত্মক-তড়িৎ যোজ্যতা 2 এবং ক্লোরিনের ঋণাত্মক-তড়িৎ যোজ্যতা 1 হয়।

$$\underset{(2,8,7)}{:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}}.} + \underset{(2,8,8,2)}{\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{{}_{\times\times}{}^{\times}\mathrm{Ca}^{\times}_{\times\times}}}} + \underset{(2,8,7)}{\cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}}:} \rightarrow \left[:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}}{}^{\cdot}_{\times}\right]^{-} + \left[\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{{}^{\times}_{\times}\mathrm{Ca}^{\times}_{\times}}}\right]^{++} + \left[{}^{\times}\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}}:\right]^{-} \rightarrow \mathrm{CaCl_2}$$

সমযোজ্যতা—অনেক ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণু মিলনের সময় উভয় পরমাণু হইতে একটি করিয়া ইলেকট্রন আসিয়া একটি ইলেকট্রন-যুগল বা জোড় সৃষ্টি করে এবং ইহা পরমাণু দুইটির মধ্যস্থলে বসিয়া উহাদের রাসায়নিক সংযোগ ঘটায়। উভয় পরমাণুই এই ইলেকট্রন জোড়ের দুইটি ইলেকট্রনকে সমভাবে গ্রহণ করিয়া নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর ন্যায় স্থায়ী ইলেকট্রনীয় গঠন পায়। ইহার ফলে পরমাণু দুইটি পরস্পর বিচ্ছিন্ন হইতে পারে না এবং ইলেকট্রন-জোড়ে উহাদের মধ্যে একটি বণ্ড সৃষ্টি করিয়া যৌগ গঠন করে। ইহাতে পরমাণুগুলির তড়িৎ মাত্রার কোনরূপ পার্থক্য ঘটে না। অনেক সময় দুইটি বা তিনটি ইলেকট্রন-জোড় দুই পরমাণুর মধ্যে দ্বি-বন্ধ ও ত্রি-বন্ধ রচনা করিয়া উহাদের স্থায়ী ইলেকট্রনীয় গঠনে সহায়তা করে। এইভাবে ইলেকট্রন অংশভাগী করিয়া পরমাণুর সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষে ইলেকট্রন অষ্টক-গঠনে যে যোজ্যতার প্রকাশ পায় তাহাকে সমযোজ্যতা বলে এবং উৎপন্ন যৌগকে সমযোজী যৌগ বলা হয়। সমযোজী যৌগে ইলেকট্রন-জোড়ের সংখ্যা দ্বারা মৌলের যোজ্যতা নির্ধারিত হয়।

উদাহরণ—ক্লোরিন পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস 2,8,7. দুইটি ক্লোরিন পরমাণুর সংযুক্তিতে ক্লোরিন অণু উৎপন্ন করিবার সময় উভয় পরমাণু হইতে একটি করিয়া ইলেকট্রন আসিয়া একটি ইলেকট্রন-জোড় সৃষ্টি করে এবং উভয় পরমাণু এই দুইটি ইলেকট্রন সমভাবে গ্রহণ করে। এই ব্যবস্থায় দুইটি ক্লোরিন পরমাণুর বহিঃস্থ কক্ষে 8-টি ইলেকট্রন পূর্ণ হয় এবং ইহারা স্থায়ী গঠন লাভ করে। এইভাবে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু উহাদের প্রত্যেকটি হইতে একটি করিয়া ইলেকট্রন আসিয়া ইলেকট্রন জোড় সৃষ্টি করে এবং উহা সমভাবে ব্যবহার করিয়া হাইড্রোজেন অণু গঠন করে। ইহাতে প্রত্যেকটি

হাইড্রোজেন পরমাণু উহার বহিঃস্থ কক্ষে 2-টি ইলেকট্রন পূর্ণ করিয়া নিষ্ক্রিয় হিলিয়াম গ্যাসের ইলেকট্রনীয় গঠন পায়।

$$\underset{(2,8,7)}{\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{{}_{\times}^{\times}Cl\times}}} + \underset{(2,8,7)}{\cdot\ddot{\underset{..}{Cl}}:} \rightarrow {}_{\times}^{\times}\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{Cl}}{}_{\times}\ddot{\underset{..}{Cl}}: \rightarrow Cl\text{-}Cl \rightarrow Cl_2$$

$$H\times + \cdot H \rightarrow H \times H \rightarrow H\text{-}H \rightarrow H_2$$

নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস 2,5 ; সেইজন্য ইহার অষ্টক সম্পূর্ণ করিতে আরও 3-টি ইলেকট্রন প্রয়োজন। অ্যামোনিয়া গঠনকালে নাইট্রোজেন পরমাণুর বহিঃস্থ কক্ষের 3-টি ইলেকট্রন পৃথকভাবে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর 3-টি ইলেকট্রনের অংশভাগী হইয়া তিনটি ইলেকট্রন-জোড় সৃষ্টি করে। এইরূপে নাইট্রোজেনের বহিঃস্থ কক্ষে 8-টি এবং হাইড্রোজেনের 2-টি ইলেকট্রন থাকে।

$$\times\overset{\times}{\underset{\times\times}{N}}\times + 3H\cdot \rightarrow H\dot{\times}\overset{H}{\overset{\times}{\underset{\times\times}{N}}}\dot{\times}H \rightarrow H-\overset{H}{\overset{|}{\underset{\times\times}{N}}}-H$$

কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস 2,4. মিথেন অণু গঠনকালে কার্বন পরমাণুর বহিঃস্থ কক্ষের 4-টি ইলেকট্রন পৃথকভাবে চারিটি হাইড্রোজেন পরমাণুর এক একটি ইলেকট্রনের সহিত মিলিয়া চারিটি ইলেকট্রন-জোড় সৃষ্টি করে। এইভাবে কার্বন পরমাণু এবং প্রতিটি হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যে একটি করিয়া ইলেকট্রন-জোড় থাকিবার ফলে কার্বন পরমাণু বহিঃস্থ কক্ষে 8-টি এবং প্রত্যেক হাইড্রোজেন পরমাণু 2-টি ইলেকট্রন পূর্ণ করিয়া স্থায়ী গঠন লাভ করে।

$$\underset{(2,4)}{\times\overset{\times}{\underset{\times}{C}}\times} + 4H\cdot \rightarrow H\dot{\times}\overset{H}{\overset{\times\cdot}{\underset{\underset{H}{\cdot\times}}{C}}}\times H \rightarrow H-\overset{H}{\overset{|}{\underset{\underset{H}{|}}{C}}}-H \rightarrow CH_4$$

ইথিলিন অণু দুই পরমাণু কার্বন এবং চারি পরমাণু হাইড্রোজেন লইয়া গঠিত। এক্ষেত্রে দুইটি কার্বন পরমাণুর প্রত্যেকটি হইতে 2-টি ইলেকট্রন আসিয়া দুইটি ইলেকট্রন জোড় বা একটি দ্বি-বন্ধ এবং এক একটি কার্বন পরমাণুর সহিত দুইটি করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণু মিলিয়া দুইটি ইলেকট্রন জোড় সৃষ্টি করে। এইভাবে কার্বন পরমাণুগুলির বহিঃস্থ কক্ষে 8-টি এবং হাইড্রোজেন পরমাণুগুলির বহিঃস্থ কক্ষে 2-টি ইলেকট্রন থাকিয়া স্থায়ী গঠন পায়। অ্যাসিটিলিন অণুতে দুইটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে তিনটি ইলেকট্রন জোড় বা একটি ত্রি-বন্ধ এবং প্রত্যেক কার্বন পরমাণু ও একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যে একটি ইলেকট্রন জোড় থাকে।

ইথিলিন, $$H\dot{\times}\underset{\underset{H}{\cdot\times}}{C}\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{}}\underset{\underset{H}{\times\cdot}}{C}\dot{\times}H \rightarrow H-\underset{\underset{H}{|}}{C}=\underset{\underset{H}{|}}{C}-H \rightarrow C_2H_4$$

অ্যাসিটিলিন, $$H\dot{\times}C\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{\times\times}}C\dot{\times}H \rightarrow H-C\equiv C-H \rightarrow C_2H_2$$

(খ) ইলেকট্রন গ্রহণ-বর্জন পদ্ধতিতে তড়িৎ-যোজী বা আয়নীয় যৌগ গঠনের সময় সংশ্লিষ্ট পরমাণুগুলির মধ্যে আকর্ষণ-বলের মাধ্যমে যে বন্ধন সৃষ্টি হয় তাহাকে তড়িৎ-যোজী বণ্ড বলে। সমযোজী যৌগ গঠনের সময় ইলেকট্রন অংশভাগীর ফলে সংশ্লিষ্ট দুই পরমাণুর মধ্যে যে বন্ধন সৃষ্টি হয় তাহাকে সমযোজী বণ্ড বলে।

প্রশ্ন ঃ ১২৩। (ক) তড়িৎ-যোজী যৌগ ও সমযোজী যৌগ কাহাকে বলে? উদাহরণ দাও। (খ) উহাদের ধর্মের বৈশিষ্ট্যগুলি বিবৃত কর। অথবা, এই দুই প্রকার যৌগের মধ্যে পার্থক্য কি তাহা লিখ।

উত্তর : (ক) **তড়িৎ-যোজী ও সমযোজী যৌগ**—১২২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

উদাহরণ—সোডিয়াম ক্লোরাইড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি তড়িৎ-যোজী যৌগ এবং মিথেন, ইথিলিন, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি সমযোজী যৌগ। (উহাদের ইলেকট্রনীয় গঠন লিখ। ১২২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।)

(খ) তড়িৎ-যোজী এবং সমযোজী যৌগের বিভিন্ন ধর্মের মধ্যে প্রভূত পার্থক্য দেখা যায় ; যথা—

(১) তড়িৎ-যোজী যৌগে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তড়িৎযুক্ত দুইটি অংশ থাকে কিন্তু সমযোজী যৌগে এইরূপ তড়িৎবাহী কোন অংশ থাকে না।

(২) তড়িৎ-যোজী যৌগগুলি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ; ইহারা গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় আয়নিত হয় এবং তড়িৎ পরিবহন করে। সমযোজী যৌগগুলি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য নয় ; ইহারা গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় আয়ন গঠন করে না এবং তড়িৎ পরিবহন করে না।

(৩) তড়িৎ-যোজী যৌগের অণুতে প্রত্যেকটি আয়ন উহার চতুর্দিকে বিপরীত তড়িৎযুক্ত আয়ন দ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে বলিয়া এই বন্ধন তত দৃঢ় নয় এবং ইহা একাভিমুখী নয়। সমযোজী যৌগে বন্ধন অধিকতর দৃঢ় এবং ইহা সর্বদাই একাভিমুখী হয়।

(৪) তড়িৎ-যোজী যৌগের অণুগুলির বিপরীত তড়িৎযুক্ত আয়নের মধ্যে আকর্ষণ তীব্র বলিয়া ইহারা অপেক্ষাকৃত উচ্চ উষ্ণতায় গলে এবং ইহারা অনুদ্বায়ী। সমযোজী যৌগের অণুগুলি তড়িৎ-উদাসীন বলিয়া উহাদের ভিতর পারস্পরিক আকর্ষণ অপেক্ষাকৃত শিথিল। এই কারণে সমযোজী যৌগ উদ্বায়ী এবং ইহাদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষাকৃত কম হয়।

(৫) তড়িৎ-যোজী যৌগগুলি সাধারণতঃ জৈব দ্রাবকে অদ্রবণীয় কিন্তু উহারা জল, অ্যালকোহল প্রভৃতি ধ্রুবীয় দ্রাবকে সহজেই দ্রবীভূত হয়। সমযোজী যৌগ সাধারণতঃ জলে অদ্রবণীয় কিন্তু বেঞ্জিন, ইথার প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে সহজেই দ্রবীভূত হয়।

প্রশ্ন : ১২৪। (ক) কোন্ যৌগে কি ধরণের বণ্ড বা যোজ্যতা ক্রিয়া করে তাহা কি কি শর্তের উপর নির্ভরশীল? (খ) একটি আয়নীয় যৌগ ও একটি সমযোজী যৌগ লইয়া উহাদের ধর্মের মধ্যে পার্থক্য দেখাও।

উত্তর : (ক) কোন্ যৌগে কি প্রকার বন্ধন তথা যোজ্যতা ক্রিয়া করে অর্থাৎ কোন্ যৌগ আয়নীয় বা সমযোজী হইবে তাহা কতকগুলি শর্তের উপর নির্ভরশীল। পরীক্ষা-লব্ধ ফল হইতে ফ্যাজান (Fajan) এই শর্তগুলি একটি সূত্রাকারে প্রকাশ করেন।

তাঁহার মতে (১) ধনাত্মক তড়িৎ-শক্তি কম মাত্রায়, ধনাত্মক আয়নের আয়তন বেশী এবং ঋণাত্মক আয়নের আয়তন কম হইলে আয়নীয় যৌগ গঠনের পক্ষে সহায়ক হয়। পক্ষান্তরে, (২) ধনাত্মক তড়িৎ-শক্তি বেশী মাত্রায়, ধনাত্মক আয়নের আয়তন কম এবং ঋণাত্মক আয়নের আয়তন বেশী হইলে সমযোজী যৌগ গঠনের পক্ষে অনুকূল হয়।

(খ) সোডিয়াম ক্লোরাইড, NaCl একটি আয়নীয় যৌগ এবং কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড, CCl_4 একটি সমযোজী যৌগ। উহাদের ধর্মের মধ্যে নিম্নলিখিত পার্থক্য দেখা যায়।

NaCl (আয়নীয় যৌগ)	CCl_4 (সমযোজী যৌগ)
(১) ইহা Na^+ এবং Cl^- আয়ন দ্বারা গঠিত।	(১) ইহার কোন আয়ন নাই ; শুধু-মাত্র অণু দ্বারা গঠিত।
(২) ইহা উত্তম তড়িৎ-বিশ্লেষ্য।	(২) ইহা তড়িৎ-বিশ্লেষ্য নয়।
(৩) ইহা কেলাসেও আয়ন হিসাবে থাকে।	(৩) ইহা সর্বদাই অণু হিসাবে থাকে।
(৪) ইহা সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 803°C ও স্ফুটনাঙ্ক 1430°C.	(৪) সাধারণ উষ্ণতায় ইহা তরল পদার্থ। গলনাঙ্ক −28°C ও স্ফুটনাঙ্ক 77°C.
(৫) ইহা জলে দ্রাব্য কিন্তু বেঞ্জিনে অদ্রবণীয়।	(৫) ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু বেঞ্জিনে দ্রবণীয়।

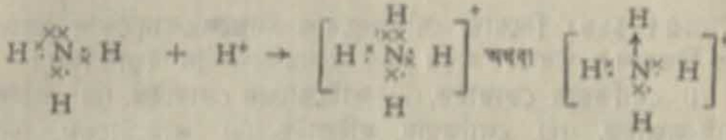
প্রশ্ন : ১২৫। (ক) সমযোজ্যতা ও অসমযোজ্যতা কাহাকে বলে? উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর। (খ) উহাদের মধ্যে পার্থক্য কি? (গ) নিঃসঙ্গ জোড় কাহাকে বলে? অসমযোজ্যতার ক্ষেত্রে ইহার অবদান কি? (ঘ) অর্ধ-ধ্রুবীয় বন্ধ কি? কিভাবে অসমযোজী যৌগে এই বন্ধের উদ্ভব হয়?

উত্তর : (ক) সমযোজ্যতা—১১২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

অসমযোজ্যতা—ইহা বিশিষ্ট ধরণের সমযোজ্যতা। কোন কোন ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণু সংযোগের সময় একটি পরমাণু ইলেকট্রন-জোড়ের দুইটি ইলেকট্রনই সরবরাহ করে, অপর পরমাণু এই ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করিয়া নিজের ইলেকট্রন অষ্টক সম্পূর্ণ করে। এইভাবে একটি পরমাণু অন্য পরমাণুর ইলেকট্রন-জোড় অংশভাগী করিয়া উহার সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষে ইলেকট্রন অষ্টক গঠনে যে যোজ্যতার প্রকাশ পায় তাহাকে অসমযোজ্যতা বলে। যে পরমাণু ইলেকট্রন জোড় সরবরাহ করে তাহাকে দাতা এবং অপর যে পরমাণু উহা গ্রহণ করে তাহাকে গ্রহীতা বলা হয়।

উদাহরণ—অ্যামোনিয়া অণুস্থিত নাইট্রোজেন পরমাণুতে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় থাকে। এই নিঃসঙ্গ জোড়ের একটি ইলেকট্রন প্রথমে H^+ আয়ন গ্রহণ করে এবং পরে দাতা নাইট্রোজেন পরমাণু ও গ্রহীতা H^+ আয়ন উভয়েই উপরোক্ত ইলেকট্রন

দুইটির অংশভাগী হয়। ফলে হাইড্রোজেন পরমাণু বহিঃস্থ কক্ষ 2-টি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ করে। এইভাবে অ্যামোনিয়াম আয়ন, NH_4^+ গঠিত হয়।



(খ) সমযোজ্যতার ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণু মিলনের সময় প্রত্যেক পরমাণু হইতে একটি করিয়া ইলেকট্রন আসিয়া একটি ইলেকট্রন-জোড় সৃষ্টি করে এবং উভয় পরমাণুই এই ইলেকট্রন জোড়ের দুইটি ইলেকট্রন সমভাবে অংশভাগী হইয়া উহাদের বহিঃস্থ কক্ষে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের স্থায়ী ইলেকট্রনীয় গঠন লাভ করে। কিন্তু অসমযোজ্যতার ক্ষেত্রে ইলেকট্রন-জোড়টি একটিমাত্র পরমাণু হইতে আসে যাহার বহিঃস্থ কক্ষ 8-টি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্বেই পূর্ণ থাকে; অপর পরমাণুটি শুধুমাত্র এই ইলেকট্রন-জোড় অংশভাগী করিয়া উহার ইলেকট্রন অষ্টক সম্পূর্ণ করে। অতএব অসমযোজ্যতাকে একটি বিশেষ ধরণের সমযোজ্যতাও বলা চলে।

(গ) সমযোজী যৌগের অণুতে অনেক সময় কোন কোন পরমাণুর এক বা একাধিক ইলেকট্রন-জোড় অপর কোন পরমাণুর সহিত যুক্ত না হইয়া সঙ্গীহীন অবস্থায় থাকিয়া যায়। এইরূপ সঙ্গীহীন প্রত্যেকটি ইলেকট্রন-জোড়কে নিঃসঙ্গ জোড় বলে। অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার প্রভৃতি দ্বি-ও ত্রিযোজী মৌল সাধারণ যৌগের অণু গঠনকালে উহাদের পরমাণুতে একটি কিংবা দুইটি নিঃসঙ্গ জোড় ধারণ করে। যেমন অ্যামোনিয়া যৌগের অণুতে নাইট্রোজেন পরমাণুর একটি নিঃসঙ্গ জোড় বর্তমান আছে।

অসমযোজ্যতার ক্ষেত্রে একটি প্রয়োজনীয় শর্ত এই যে, যৌগ গঠনকালে কোন পরমাণুর অন্ততঃপক্ষে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় থাকা চাই। কারণ অন্য কোন পরমাণু অসমযোজ্যতার দ্বারা নিঃসঙ্গ জোড়যুক্ত পরমাণুর সহিত যুক্ত হইলে সেই নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড়টি দুইটি পরমাণুই অংশভাগী করে।

(ঘ) অসমযোজী যৌগ গঠনের সময় একটি পরমাণু যে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় সরবরাহ করে তাহা সাম্মিলিত দুই পরমাণুর মধ্যে অংশভাগীর ফলে যে বন্ধন সৃষ্টি হয় তাহাকে অসমযোজী বন্ধ বা অর্ধ-প্রবীয় বন্ধ বলে; কারণ এইরূপ বন্ধন উৎপন্ন যৌগে প্রবীয় সৃষ্টি করে। অসমযোজী বন্ধ দাতা হইতে গ্রহীতার দিকে ক্ষুদ্র তীর চিহ্ন দ্বারা নির্দেশ করা হয়। আবার ইহা অর্ধ-প্রবীয় বন্ধ বলিয়া দাতা ও গ্রহীতার পরমাণুর উপর যথাক্রমে '+' ও '−' চিহ্ন বসাইয়াও প্রকাশ করা যায়; যেমন $A \rightarrow B$ বা $A^+ - B^-$.

অসমযোজ্যতায় দাতার ইলেকট্রন-জোড়টি পূর্বাপেক্ষা দূরে সরিয়া যাওয়ায় উক্ত পরমাণু ধনাত্মক তড়িৎ লাভ করে; অপরদিকে গ্রহীতা ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া ঋণাত্মক তড়িৎযুক্ত হয়। অতএব অনুষ্ঠিত দুইটি পরমাণু একক সমযোজ্যতার ন্যায় শুধুমাত্র ইলেকট্রন-জোড়ের অংশভাগী হইয়া পরস্পর যুক্ত থাকে না, পরন্তু উহারা

পারস্পরিক তড়িৎ আকর্ষণেও যুক্ত হয়। এই কারণে ইহাকে সমযোজী ও তড়িৎ-যোজী বণ্ডের মিলিতরূপ হিসাবে অর্ধ-ধ্রুবীয় বণ্ড বলা হয়।

প্রশ্ন : ১২৬। নিম্নোক্ত যৌগসমূহে ও আয়নে কোন্ কোন্ প্রকার বণ্ড বিদ্যমান? উহাদের অণুর বা আয়নের ইলেকট্রন-বিন্যাস লিখ :—

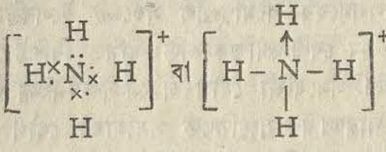
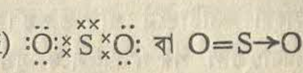
(i) সোডিয়াম ক্লোরাইড, (ii) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, (iii) কার্বন ডাই-অক্সাইড, (iv) সোডিয়াম হাইড্রাইড, (v) নাইট্রোজেন, (vi) অ্যামোনিয়া, (vii) অ্যামোনিয়াম আয়ন; (viii) সালফার ডাই-অক্সাইড, (ix) সালফিউরিক অ্যাসিড, (x) নাইট্রিক অ্যাসিড।

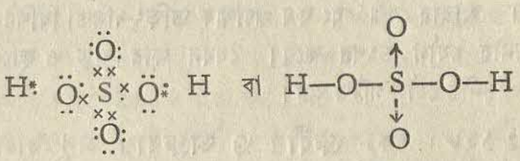
উত্তর : (i) সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) যৌগে Na ও Cl পরমাণুর মধ্যে আয়নীয় বণ্ড বিদ্যমান। (ii) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl)-এ H ও Cl পরমাণুর মধ্যে সমযোজী বণ্ড থাকে। (iii) কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)-এ কার্বন পরমাণু দুইটি O-পরমাণুর সহিত দুইটি সমযোজী দ্বি-বন্ধ দ্বারা আবদ্ধ। (iv) সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH)-এ Na ও H পরমাণুর মধ্যে আয়নীয় বণ্ড আছে। (v) নাইট্রোজেনে দুইটি N পরমাণু সমযোজী ত্রি-বন্ধ দ্বারা যুক্ত। (vi) অ্যামোনিয়া (NH_3) যৌগে N পরমাণু ও তিনটি H পরমাণুর মধ্যে তিনটি সমযোজী বণ্ড বিদ্যমান এবং N পরমাণুতে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় থাকে। (vii) অ্যামোনিয়াম আয়ন (NH_4^+)-এ N পরমাণু তিনটি H পরমাণুর সহিত তিনটি সমযোজী বণ্ড দ্বারা এবং অপর H পরমাণুর সহিত অসমযোজী বণ্ড দ্বারা যুক্ত থাকে। (viii) সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)-এ S পরমাণু একটি O পরমাণুর সহিত সমযোজী দ্বি-বন্ধ দ্বারা এবং অপর O পরমাণুর সহিত অসমযোজী বণ্ড দ্বারা আবদ্ধ। (ix) সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) যৌগে S পরমাণু একদিকে দুইটি O পরমাণুর সহিত দুইটি অসমযোজী দ্বি-বন্ধ দ্বারা ও অন্যদিকে দুইটি O পরমাণুর সহিত দুইটি সমযোজী বন্ধ দ্বারা যুক্ত; এবং এই দুইটি O পরমাণু আবার দুইটি H পরমাণুর সহিত দুইটি সমযোজী বণ্ড দ্বারা আবদ্ধ থাকে। (x) নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)-এ N-পরমাণু একটি O-পরমাণুর সহিত অসমযোজী বণ্ড দ্বারা এবং দুইটি O পরমাণুর সহিত দুইটি সমযোজী বণ্ড দ্বারা আবদ্ধ এবং ইহার একটি আবার H-পরমাণুর সহিতও সমযোজী বণ্ড দ্বারা যুক্ত থাকে। ইহাদের ইলেকট্রন-বিন্যাস নিম্নরূপ—

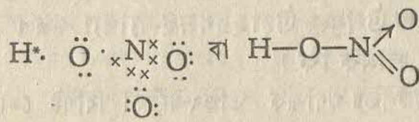
(i) $\left[\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{{}^{\times}_{\times}Na^{\times}_{\times}}}\right]^+\left[{}^{\times}_{\cdot}\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}{:}\right]^-$ বা Na^+Cl^- (ii) $H{}^{\times}_{\cdot}\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}{:}$ বা $H-Cl$

(iii) $\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}{:}{}^{\times}_{\times}C^{\times}_{\times}{:}\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}$ বা $O=C=O$ (iv) $\left[\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{{}^{\times}_{\times}Na^{\times}_{\times}}}\right]^+\left[{}^{\times}_{\cdot}H\right]^-$ বা Na^+H^-

(v) $:N{}^{\cdot}_{\cdot}{}^{\times}_{\times}N^{\times}_{\times}$ বা $N\equiv N$ (vi) $H{}^{\times}_{\cdot}\underset{\underset{H}{\times\cdot}}{\ddot{N}}{}^{\times}_{\cdot}H$ বা $H-\underset{\underset{H}{|}}{\ddot{N}}-H$

(vii)  (viii) 

(ix) 

(x) 

প্রশ্ন : ১২৭। (ক) মৌলের ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা বলিতে কি বুঝায়? (খ) মৌলসমূহের পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে উহাদের পরমাণুর ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা আলোচনা কর। (গ) দুইটি সংযোগী মৌলের ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতার তারতম্যের উপর উহাদের পরমাণুর মধ্যে যোজ্যতা বা বণ্ডের প্রকৃতি কিভাবে নির্ভর করে উদাহরণসহ বিবৃত কর।

উত্তর : (ক) **ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা**—কোন মৌলের উদাসীন পরমাণুর ইলেকট্রন আকর্ষণ করিবার ক্ষমতা বা ধর্মকে উহার ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা বলে।

(খ) কোন পরমাণু অপর পরমাণুর সহিত রাসায়নিক সংযুক্তির সময় উহার ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জনের প্রবণতা দ্বারা ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা পরিমাপ হয়। দেখা যায়, এই ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা মৌলসমূহের পর্যায়গত ধর্ম। সাধারণতঃ পর্যায়-সারণীর যে-কোন শ্রেণীভুক্ত মৌলসমূহের ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা উহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে ক্রমান্বয়ে হ্রাস পায়; অপরদিকে, অনুভূমিক পর্যায়ে পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে মৌলগুলির ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা ক্রম অনুসারে বৃদ্ধি পায়। এই কারণে ক্ষার ধাতুর ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা কম এবং হ্যালোজেনের বেশী হয়। আবার ক্ষার ধাতুগুলির মধ্যে সিজিয়ামের ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা সর্বাপেক্ষা কম এবং হ্যালোজেন-গুলির মধ্যে ফ্লুরিণের সর্বাপেক্ষা বেশী।

(গ) পর্যায়-সারণীর যে-কোন শ্রেণীতে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বাড়িলে মৌলের ধাতব গুণ বাড়ে, আবার যে-কোন অনুভূমিক পর্যায়ে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বাড়িলে অধাতব গুণ বাড়ে। অতএব ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতার মান হইতে কোন্ পরমাণু কি রকম যোজ্যতা বা বণ্ডের সাহায্যে যৌগ উৎপন্ন করিবে তাহা ধারণা করা যায়। যেমন ক্লোরিন, অক্সিজেন প্রভৃতি বেশী ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা বিশিষ্ট মৌলসমূহের পরমাণুগুলি সহজেই ইলেকট্রন আকর্ষণ করিয়া অ্যানায়ন গঠন করে; পক্ষান্তরে সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি

কম ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা বিশিষ্ট মৌলসমূহের পরমাণুগুলি সহজেই ইলেকট্রন বর্জন করিয়া ক্যাটায়নে পরিণত হয়। অতএব বেশী ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা বিশিষ্ট মৌলের পরমাণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হইয়া সমযোজী যৌগ গঠনে সক্ষম কিন্তু ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা কম হইলে পরমাণুগুলি পারস্পরিক সংযুক্তিতে সমযোজী যৌগ গঠনে অক্ষম হয়। আবার বেশী এবং কম ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা বিশিষ্ট দুইটি পরমাণু মিলিত হইয়া আয়নীয় যৌগ উৎপন্ন করে। যেমন ক্ষার ধাতু ও হ্যালোজেনের পারস্পরিক সংযোগে আয়নীয় যৌগ গঠিত হয়।

প্রশ্ন : ১২৮। (ক) ধ্রুবীয় ও অধ্রুবীয় অণু বলিতে কি বুঝায়? এইরূপ হইবার কারণ উপযুক্ত উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। (খ) আণবিক যুগ্ম-মেরু ও দ্বি-ধ্রুব ভ্রামক কি?

উত্তর : (ক) দুইটি ভিন্ন ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা বিশিষ্ট মৌলের পরমাণুর মধ্যে অণু গঠনের সময় পরমাণুগুলির কেন্দ্র ইলেকট্রন হইতে সমান দূরত্বে থাকে না ; ফলে অণুস্থিত বণ্ডের ধ্রুবীয়তা সৃষ্টি হয়। এই সকল অণুতে পৃথক ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত ও ঋণাত্মক তড়িৎযুক্ত কেন্দ্র থাকে বলিয়া উহাদের ধ্রুবীয় অণু বলে। অপরদিকে, একই মৌলের কিংবা সমান ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা বিশিষ্ট মৌলের পরমাণুর সংযোগে অণু গঠিত হইলে উহারা সমভাবে ইলেকট্রন-জোড় ভোগ করে বলিয়া এই সমযোজী বণ্ডের ধ্রুবীয়তা সৃষ্টি হয় না ; এইরূপ অণুকে অধ্রুবীয় অণু বলে। যেমন আয়নীয় ও ভিন্ন দুই মৌলের সমযোজী যৌগ ধ্রুবীয় অণু এবং গ্যাসীয় মৌলসমূহ অধ্রুবীয় অণু গঠন করে। HCl-এর অণুতে অসমান ব্যাসার্ধের ও কেন্দ্রস্থ বিভিন্ন তড়িৎ-ধনাত্মক যুক্ত হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন পরমাণু থাকে বলিয়া অধিকতর অধাতব ক্লোরিন পরমাণুর দিকে ইলেকট্রন জোড়ের সরণ হয়। ফলে HCl অণুতে ক্লোরিন অল্প ঋণাত্মক তড়িৎযুক্ত এবং হাইড্রোজেন অল্প ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত হয় বলিয়া HCl অণুর সমযোজী বণ্ডে ধ্রুবীয়তা সৃষ্টি হয়। অতএব HCl ধ্রুবীয় অণু। কিন্তু Cl_2 অণুতে সমান ব্যাসার্ধের এবং কেন্দ্রস্থ সমান ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত দুইটি কোরিন পরমাণু একটি সাধারণ ইলেকট্রন জোড় অংশভাগী করে। ইহাতে দুইটি ক্লোরিন পরমাণুর কেন্দ্রই ইলেকট্রন জোড়ের সমান দূরত্বে থাকে অর্থাৎ ইলেকট্রন জোড়ের সরণ হয় না। সেইজন্য ক্লোরিন অণুর সমযোজী বণ্ডে কোন ধ্রুবীয়তা উৎপন্ন হয় না। সুতরাং Cl_2 অধ্রুবীয় অণু।

(খ) অনেক সময় সমযোজী অণু গঠনকালে অণুর ভিতর ইলেকট্রন সরণের ফলে দুইটি তড়িৎ মেরুর সৃষ্টি হয় ; ইহাকে আণবিক যুগ্ম মেরু বলে। এইরূপ অণু সর্বদাই ধ্রুবীয়তা লাভ করে এবং সমগ্র অণু দ্বি-ধ্রুবের মত আচরণ করে। অণুর ভিতর ইলেকট্রন সরণহেতু তড়িৎ আধানের পৃথকীকরণ তথা ধ্রুবীয়তার পরিমাণ দ্বি-ধ্রুব ভ্রামক, μ দ্বারা পরিমাপ করা হয়। অধুনা দ্বি-ধ্রুব ভ্রামক ডেবাই এককে প্রকাশ করা হয়। দ্বি-ধ্রুব ভ্রামক যোজ্যতা বণ্ডের ধ্রুবীয়তা পরিমাপ করে। ধ্রুবীয় অণুর সর্বদা দ্বি-ধ্রুব ভ্রামক থাকে, কিন্তু অধ্রুবীয় অণুর কোন দ্বি-ধ্রুব ভ্রামক নাই। আবার আয়নীয় অণুতে ইহার পরিমাণ বেশী এবং অসমযোজী অণুতে দ্বি-ধ্রুব ভ্রামক তদপেক্ষা কম হয়।

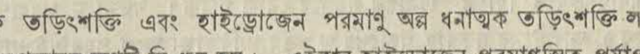
প্রশ্ন : ১২৯। (ক) হাইড্রোজেন বণ্ড বা বন্ধনী কাহাকে বলে? (খ) কোন্ শ্রেণীর মৌল এই বণ্ড গঠনে সক্ষম এবং কেন? (গ) কয়েকটি এই ধরণের যৌগের উদাহরণ দাও। উহাদের কি কি বিশেষ ধর্ম দেখা যায়?

উত্তর : (ক) **হাইড্রোজেন বণ্ড**—হাইড্রোজেন পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন আছে বলিয়া ইহা একযোজী। কিন্তু ইহা কয়েকটি উচ্চ ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মী দুইটি পরমাণুর মধ্যেও সেতু বা বন্ধন রূপে ক্রিয়া করিতে সক্ষম। হাইড্রোজেন পরমাণুর এই বিশিষ্ট ক্ষমতা বা ধর্মকে হাইড্রোজেন বণ্ড বা বন্ধনী বলে।

(খ) সাধারণতঃ ক্ষুদ্র পরমাণু-ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট উচ্চ ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মী মৌলসমূহের পরমাণু হাইড্রোজেন বণ্ড গঠন করে এবং পরমাণুর ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা বৃদ্ধির সঙ্গে হাইড্রোজেন বণ্ড রচনার ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। যেমন, ফ্লুরিণ > অক্সিজেন > নাইট্রোজেন > ক্লোরিন; অতএব হাইড্রোজেন-বণ্ড রচনার ক্ষেত্রে ফ্লুরিণের ক্ষমতা সর্বাধিক।

হাইড্রোজেন পরমাণু যখন ইলেকট্রন জোড়ের সাহায্যে অপর একটি শক্তিশালী তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হয় তখন তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুটি ইলেকট্রন জোড়কে আকর্ষণ করিয়া কাছে টানিয়া লয়। ইহাতে ঋণাত্মক পরমাণু অল্প ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি এবং হাইড্রোজেন পরমাণু অল্প ধনাত্মক তড়িৎশক্তি লাভ করে; ফলে সমগ্রভাবে অণুটি দ্বি-ধ্রুব হয়। এইবার হাইড্রোজেন পরমাণুস্থিত পর্যাপ্ত ধনাত্মক তড়িৎশক্তি দ্বিতীয় তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুকে আকর্ষণ করিয়া ধরিয়া রাখে; অর্থাৎ এইরূপ সংযোজনে হাইড্রোজেন বণ্ড রচিত হয়। অতএব দ্বি-ধ্রুবের মধ্যে আকর্ষণ হেতু হাইড্রোজেন বণ্ড সৃষ্টি হয়। ইহাতে H-পরমাণু ইহার সহিত আবদ্ধ দুইটি পরমাণুর একটি অধিকতর নিকটবর্তী বলিয়া একপার্শ্বে বিন্দুরূপী রেখা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড আয়ন, HF_2^- হাইড্রোজেন বণ্ডের অস্তিত্বের সুপ্রসিদ্ধ উদাহরণ। হাইড্রোজেন বণ্ড দুর্বল প্রকৃতির; উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে ইহা ভাঙ্গিয়া যায়।

(গ) তরল ও গ্যাসীয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, জল, তরল অ্যামোনিয়া, অ্যাল-কোহল, ফরমিক অ্যাসিড প্রভৃতি যৌগে হাইড্রোজেন বণ্ডের প্রভাবে একাধিক অণু-সংগুণিত হইয়া থাকে। যেমন



হাইড্রোজেন বণ্ড দ্বারা সৃষ্ট অণুগুলির ভর বৃদ্ধি পায়; ইহা ছাড়া পদার্থের গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক প্রভৃতিও বাড়ে। অধিকন্তু ইহাতে অনেকগুলি আয়নের একত্র সমাবেশ ঘটে বলিয়া পদার্থটির স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন : ১৩০। পরমাণুর গঠন সম্পর্কে ডালটনের মতবাদ ও আধুনিক মতবাদের মধ্যে পার্থক্য কি? অথবা, পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত আধুনিক ধারণার সঙ্গে ডালটনের পরমাণুবাদের পার্থক্য কোথায় এবং কেন?

উত্তর : (i) ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে পরমাণুসমূহ পদার্থের ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য অংশরূপে বিবেচ্য ছিল। কিন্তু অধুনা নানাবিধ পরীক্ষার ফলে প্রমাণিত

হইয়াছে যে পরমাণু অবিভাজ্য নয়; ইহা মূলতঃ ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন এই তিনটি মূল কণা লইয়া গঠিত। [এখানে পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের অবস্থান বর্ণনা কর। ১১১ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।] (ii) ডালটনের মতবাদ অনুসারে প্রতিটি মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্দিষ্ট। কিন্তু আধুনিক ধারণা অনুযায়ী সমস্থানিক একই মৌলের পরমাণুগুলি বিভিন্ন ওজনবিশিষ্ট হয়। [এখানে সমস্থানিকের সংজ্ঞা, কারণ ও উদাহরণ লিখ। ১১৯ (ক) ও (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।] আবার, বিভিন্ন পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট মৌল তথা সম-ভর মৌলের একই পারমাণবিক ওজন দেখা যায়। (iii) ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় দুই বা ততোধিক বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি পরস্পর সরল অনুপাতে মিলিত হয়। কিন্তু আধুনিক মতবাদ অনুসারে বিভিন্ন পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন আদান-প্রদানের ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং পরমাণুর সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন ইহাতে অংশ গ্রহণ করে। [এখানে তড়িৎ-যোজ্যতা উদাহরণ সহ সংক্ষেপে লিখ। ১১২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।]

অতএব আধুনিক ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে একই সংখ্যক প্রোটন অর্থাৎ একই পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট পরমাণুর সমন্বয়ে মৌল গঠিত। বর্তমানে পরমাণুর গঠন জটিল সত্ত্বেও ডালটনের মতবাদ পদার্থের ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য অংশ পরমাণুই রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে ইহা এখনও অপরিবর্তিত আছে।

প্রশ্ন ঃ ১৩১। (ক) ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে জারণ ও বিজারণ বলিতে কি বুঝায়? উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর। (খ) জারক ও বিজারক দ্রব্য কি? উহাদের প্রত্যেকের কয়েকটি নাম লিখ।

উত্তর ঃ জারণ ও বিজারণ—বিভিন্ন পরমাণুর সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষে অবস্থিত ইলেকট্রনের আদান-প্রদানের ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন হয়। সুতরাং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন কোন মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-সংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং কোন কোন মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-সংখ্যা হ্রাস পায়। রাসায়নিক ক্রিয়ায় পরমাণু বা আয়নের ইলেকট্রন-সংখ্যা হ্রাস হইলে উহাকে জারণ বলে এবং ইলেকট্রন-সংখ্যা বৃদ্ধি হইলে উহাকে বিজারণ বলে। সুতরাং ইলেকট্রন বর্জনকে জারণ এবং ইলেকট্রন গ্রহণকে বিজারণ বলা হয়।

উদাহরণ—(i) সোডিয়াম ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম পরমাণু একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করিলে ইহার ইলেকট্রন-সংখ্যা হ্রাস পাইয়া সোডিয়াম আয়ন, Na^+ উৎপন্ন করে ঃ $Na - e = Na^+$ সুতরাং ইহা জারণ। ক্লোরিন অণু সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া ক্লোরাইড আয়নে, Cl^- পরিণত হয় ঃ $Cl_2 + 2e = 2Cl^-$. এখানে Cl পরমাণুর ইলেকট্রন-সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। সুতরাং ইহা বিজারণ। যেহেতু সমান সংখ্যক ইলেকট্রন আদান-প্রদানের মাধ্যমে রাসায়নিক ক্রিয়া সম্পন্ন হয়, অতএব সমীকরণটি দাঁড়ায় ঃ $2Na + Cl_2 = 2NaCl$.

(ii) ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণে ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে বিক্রিয়ার ফলে ফেরিক

ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। ফেরাস আয়ন, Fe^{++} একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া ফেরিক আয়নে, Fe^{+++} পরিণত হইলে ইলেকট্রন হ্রাস পায়ঃ $Fe^{++} - e = Fe^{++.+}$ সুতরাং ইহা জারণ। এক্ষেত্রে আয়রণের যোজ্যতা 2 হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 3 হয়। ক্লোরিন অণু সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া পূর্ববৎ ক্লোরাইড আয়ন, Cl^- উৎপন্ন করেঃ $Cl_2 + 2e = 2Cl^-$. সুতরাং ইহা বিজারণ। ইলেকট্রন আদান-প্রদান সমতা করিলে সম্পূর্ণ বিক্রিয়ার সমীকরণটি দাঁড়ায়ঃ $2Fe^{++} + Cl_2 = 2Fe^{+++} + 2Cl^-$.

(iii) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে স্ট্যানাস ক্লোরাইড যোগ করিলে বিক্রিয়ার ফলে ফেরাস ক্লোরাইড ও স্ট্যানিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। ফেরিক আয়ন, Fe^{+++} একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া ফেরাস আয়ন, Fe^{++} উৎপন্ন করেঃ $Fe^{+++} - e = Fe^{++}$. সুতরাং ইহা বিজারণ। অপরদিকে স্ট্যানাস আয়ন, Sn^{++} দুইটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া স্ট্যানিক আয়নে, Sn^{++++} পরিণত হয়ঃ $Sn^{++} - 2e = Sn^{++++}$. অতএব ইহা জারণ। বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন আদান-প্রদানের সমতা করিলে সমীকরণটি $2Fe^{+++} + Sn^{++} = 2Fe^{++} + Sn^{++++}$ হয়।

(খ) **জারক ও বিজারক দ্রব্য**—যে পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন গ্রহণ করে অর্থাৎ যে পদার্থের সাহায্যে জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন হয় তাহাকে জারক দ্রব্য বলে। অপরদিকে, যে পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন বর্জন করে অর্থাৎ যে পদার্থের সাহায্যে বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন হয় তাহাকে বিজারক দ্রব্য বলে। $2Na + Cl_2 = 2NaCl$. বিক্রিয়ায় ক্লোরিন অণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে বলিয়া ইহা জারক দ্রব্য এবং সোডিয়াম পরমাণু ইলেকট্রন বর্জন করে বলিয়া ইহা বিজারক দ্রব্য। Cl_2, Br_2, I_2, O_3, HNO_3, H_2O_2, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ প্রভৃতি জারক দ্রব্য এবং Na, K, Fe^{++}, Sn^{++}, H_2, H_2S, HI, SO_2 প্রভৃতি বিজারক দ্রব্য।

প্রশ্ন : ১৩২। 'জারণ ও বিজারণ একই সঙ্গে ঘটে' বা 'বিজারণ ছাড়া কখনও জারণ সংঘটিত হয় না'—এই উক্তির তাৎপর্য উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। অথবা, **জারণ ও বিজারণের মধ্যে কি সম্পর্ক বিদ্যমান তাহা আলোচনা কর।**

উত্তর : জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় বিজারক দ্রব্য ইলেকট্রন বর্জন করিয়া নিজে জারিত হইলে জারক দ্রব্য সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নিজে বিজারিত হয়। ফলে জারণ ও বিজারণ সর্বদা একই সঙ্গে ঘটিয়া থাকে, কারণ জারক দ্রব্যের পরিত্যক্ত ইলেকট্রন বিজারক দ্রব্য গ্রহণ করে। যেমন (i) $FeCl_3$ দ্রবণে $SnCl_2$ যোগ করিলে $FeCl_2$ ও $SnCl_4$ উৎপন্ন হয়ঃ $2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$, বা $2Fe^{+++} + Sn^{++} = 2Fe^{++} + Sn^{++++}$. এখানে স্ট্যানাস আয়ন, Sn^{++} ইলেকট্রন পরিত্যাগ করিয়া বিজারক হিসাবে কাজ করে এবং স্ট্যানিক আয়নে, Sn^{++++} রূপান্তরিত হয়। অপরদিকে, ফেরিক আয়ন, Fe^{+++} সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া জারক হিসাবে কাজ করে এবং ফেরাস আয়নে, Fe^{++} পরিণত হয়। অর্থাৎ একই সঙ্গে Fe^{+++} বা $FeCl_3$ বিজারিত হয় এবং Sn^{++} বা $SnCl_2$ জারিত হয়। (ii)

Cl_2 জলের মধ্যে H_2S চালাইলে সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে HCl থাকে ঃ $Cl_2+H_2S=2HCl+S$, বা $Cl_2+S^{--}=2Cl^-+S$. এখানে Cl_2 ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া Cl^- আয়ন গঠনকালে জারক হিসাবে কাজ করে এবং S^{--} আয়ন সেই ইলেকট্রন বর্জনকালে বিজারক হিসাবে কাজ করিয়া মুক্ত সালফারে পরিণত হয়। অর্থাৎ একই সঙ্গে Cl_2 বিজারিত হয় এবং H_2S জারিত হয়। অতএব জারণ-বিজারণ যুগপৎ ঘটিয়া থাকে।

প্রশ্ন ঃ ১৩৩। (ক) আয়ন-ইলেকট্রন অর্ধ-বিক্রিয়া কি ? (খ) আয়ন-ইলেকট্রন সাহায্যে জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার সমীকরণ কিভাবে প্রকাশ করা সম্ভব তাহা দেখাও।

উত্তর ঃ (ক) জারণ-বিজারণ ক্রিয়া ইলেকট্রন আদান-প্রদান দ্বারাই সংঘটিত হয়। সাধারণতঃ দুইটি ধাপে ইহা নিষ্পন্ন হয়, কারণ একটিতে বিজারক দ্রব্য ইলেকট্রন বর্জন করে এবং অপরটিতে জারক দ্রব্য সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করে। অতএব কোন বিক্রিয়ায় জারণ ও বিজারণে পৃথকভাবে বিচার করিয়া উহার প্রতিটি ধাপকে আয়ন-ইলেকট্রন অর্ধ-বিক্রিয়া বলা হয়।

(খ) বিক্রিয়াকালে দ্রবণে ইলেকট্রনের আদান-প্রদান আয়নের মাধ্যমে ঘটে। সেইজন্য জারণ ও বিজারণ দুইটি আয়ন-ইলেকট্রন অর্ধ-বিক্রিয়া দ্বারা প্রকাশ করিয়া সম্পূর্ণ বিক্রিয়ার সমীকরণ পাওয়া যায়। যেমন সোডিয়াম ও ক্লোরিনের সংযোগে NaCl উৎপন্ন হয়। এখানে প্রথম ধাপে সোডিয়াম পরমাণু ইলেকট্রন বর্জন করিয়া Na^+ আয়নরূপে জারিত হয়; দ্বিতীয় ধাপে ক্লোরিন অণু সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া Cl^- আয়নরূপে বিজারিত হয়। এইভাবে সোডিয়াম ও ক্লোরিনের যুগপৎ জারণ-বিজারণে NaCl পাওয়া যায়; ইহাতে Cl_2 জারক দ্রব্য এবং Na বিজারক দ্রব্যরূপে কাজ করে। যেমন

(i) $Na-e=Na^+$ (জারণ); (ii) $Cl_2+2e=2Cl^-$ (বিজারণ)।

যেহেতু সমান সংখ্যক ইলেকট্রন আদান-প্রদানের মাধ্যমে কোন বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়, অতএব (i)-কে দ্বিগুণ করিয়া (ii)-এর সঙ্গে যোগ করিলে পাই, $2Na+Cl_2=2NaCl$. একইভাবে, ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ ও স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া আয়ন-ইলেকট্রন অর্ধ-বিক্রিয়া দ্বারা প্রকাশ করা যায়। যেমন

(i) $Fe^{+++}+e=Fe^{++}$ (বিজারণ); (ii) $Sn^{++}-2e=Sn^{++++}$ (জারণ)।

ইলেকট্রন আদান-প্রদানের মধ্যে সমতা করিবার জন্য (i)-কে দ্বিগুণ করিয়া (ii)-এর সঙ্গে যোগ করিলে দাঁড়ায়, $2Fe^{+++}+Sn^{++}=2Fe^{++}+Sn^{++++}$.

অর্থাৎ, $2FeCl_3+SnCl_2=2FeCl_2+SnCl_4$.

প্রশ্ন ঃ ১৩৪। (ক) জারণ-সংখ্যা বলিতে কি বুঝ ? (খ) কোন বস্তুর জারণ-সংখ্যা নির্ধারণে কি কি নিয়ম প্রযোজ্য ? (গ) নির্দিষ্ট যৌগে কোন মৌলের জারণ-সংখ্যার মান কিভাবে পাওয়া যায় দেখাও।

উত্তর ঃ (ক) **জারণ সংখ্যা**—যে কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করিলে যৌগ-

মধ্যস্থ পরমাণুটি মৌলের তড়িৎ-উদাসীন পরমাণুতে পরিণত হয় তাহাই সেই অবস্থায় পরমাণুটির জারণ-সংখ্যা বুঝায়। ইহা পরমাণুর ক্রিয়াশীল আধানের এককের সংখ্যা পরিমাপ করে। এই জারণ-সংখ্যা ধনাত্মক বা ঋণাত্মক দুই-ই হইতে পারে। পরমাণুটি ইলেকট্রন বর্জন করিলে জারণ-সংখ্যা ধনাত্মক হয় কিন্তু ইলেকট্রন গ্রহণ করিলে উহা ঋণাত্মক হয়। $FeCl_2$ ও $FeCl_3$ যৌগে আয়রণের জারণ-সংখ্যা যথাক্রমে $+2$ ও $+3$; কিন্তু উভয় ক্ষেত্রেই ক্লোরিনের জারণ-সংখ্যা -1 হয়। সাধারণতঃ যৌগস্থিত কোন মৌল বা পরমাণুর জারণ-সংখ্যা উহার উপরে লিখিয়া প্রকাশ করা হয়; যেমন $Fe^{+3}Cl_3^{-1}$, $H^{+1}N^{+5}O_3^{-2}$ ইত্যাদি।

(খ) মৌলের বা পরমাণুর জারণ-সংখ্যা নির্ধারণে নিম্নবর্ণিত নিয়মগুলি প্রযোজ্য হয়। যথা—(১) মুক্ত মৌলের জারণ-সংখ্যা সর্বদাই শূন্য, 0 হয়। (২) যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা $+1$ ধরা হয়; কিন্তু ধাতব হাইড্রাইডে ইহা -1 থাকে। (৩) যৌগে অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা -2 ধরা হয়; কিন্তু পার-অক্সাইড ও ডাই-অক্সাইডে ইহা -1 হয়। (৪) মূলক বা আয়নের জারণ-সংখ্যা উহাদের তড়িৎ যোজ্যতার সমান। (৫) কোন যৌগের অণুর সমস্ত পরমাণুর জারণ-সংখ্যার বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য, 0 হয়।

(গ) যেহেতু কোন যৌগের অণুর সমস্ত পরমাণুগুলির জারণ-সংখ্যার বীজগাণিতিক যোগফল সর্বদাই শূন্য হয়, অতএব ইহা হইতে নির্দিষ্ট যৌগস্থিত কোন মৌলের জারণ-সংখ্যা সহজেই বাহির করা যায়। যেমন পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, $KMnO_4$ যৌগে ম্যাঙ্গানিজের জারণ-সংখ্যা $+7$, যেহেতু $K^{+1}Mn^{x}O_4^{-2}$ অর্থাৎ $+1+x-2\times 4=0$, $x=$ম্যাঙ্গানিজের জারণ-সংখ্যা; অথবা $x=+7$. অনুরূপে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট, $NaAlO_2$ যৌগে অ্যালুমিনিয়ামের জারণ-সংখ্যা $+3$, যেহেতু $Na^{+1}Al^{x}O_2^{+2}$ অর্থাৎ $+1+x-2\times 2=0$, অথবা $x=+3$.

প্রশ্ন : ১৩৫। (ক) জারণ-সংখ্যার সাহায্যে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ব্যাখ্যা কর। (খ) এই পদ্ধতির মাধ্যমে কিভাবে রাসায়নিক সমীকরণ সমতুল করা হয় তাহা কয়েকটি উদাহরণ সহযোগে দেখাও।

উত্তর : (ক) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন মৌল বা আয়নের জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পাইলে তাহা জারিত হয় এবং উহা বিজারকরূপে ক্রিয়া করে। কারণ ইলেকট্রন অপসারণহেতু জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ ইহা জারণ। অপরদিকে, জারণ-সংখ্যা হ্রাস পাইলে কোন মৌল বা আয়ন বিজারিত হয় এবং উহা জারকরূপে কাজ করে। কারণ ইলেকট্রন গ্রহণ হেতু জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায় অর্থাৎ ইহা বিজারণ। আবার যে কোন বিক্রিয়ায় একটি মৌলের পরমাণুর জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পাইলে অপর কোন মৌলের পরমাণুর জারণ-সংখ্যা হ্রাস পাইবেই। অধিকন্তু জারণ-সংখ্যার এই হ্রাস-বৃদ্ধি সর্বদাই সমান থাকে, কারণ জারণ ও বিজারণ একই সঙ্গে এবং সমান মাত্রায় ঘটে।

উদাহরণ—(i) $\overset{0}{C}+\overset{0}{O}_2=\overset{+4}{C}\overset{-2}{O}_2$; এখানে C-এর জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি$=+4$

এবং O-এর জারণ-সংখ্যার হ্রাস = −2, অর্থাৎ কার্বনের জারণ এবং অক্সিজেনের বিজারণ হইয়াছে।

(ii) $2\overset{+3}{Fe}Cl_2 + \overset{+2}{Sn}Cl_2 = 2\overset{+2}{Fe}Cl_2 + \overset{+4}{Sn}Cl_4$, এখানে ফেরিক আয়ন, Fe^{+++}-এর জারণ-সংখ্যার হ্রাস = −1 এবং স্ট্যানাস আয়ন, Sn^{++}-এর জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি = +2 ; অর্থাৎ ফেরিক আয়ন, Fe^{+++} বিজারিত ও স্ট্যানাস আয়ন, Sn^{++} জারিত হইয়াছে।

(খ) কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে-কোন দুইটি মৌলের জারণ-সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি জনিত পরিবর্তন ঘটে, কিন্তু উহাদের জারণ-সংখ্যার এই হ্রাস-বৃদ্ধি সর্বদাই সমান হয়। অতএব বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়া-জাত সমস্ত পদার্থের সংকেত জানা থাকিলে জারক-সংখ্যার সাহায্যে বিক্রিয়াটির সমীকরণ সমতুল করিয়া উহার একটি সম্পূর্ণ সমীকরণ পাওয়া সম্ভব।

উদাহরণ—(i) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত কার্বনের বিক্রিয়ার ফলে কার্বন জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড, CO_2 এবং সালফিউরিক অ্যাসিড, H_2SO_4 বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড, SO_2 উৎপন্ন করে ; অর্থাৎ বিক্রিয়াটি দাঁড়ায়,

$$\overset{0}{C} + H_2\overset{+6}{S}O_4 \rightarrow \overset{+4}{C}O_2 + \overset{+4}{S}O_2 + H_2O.$$

অতএব, কার্বনের জারণ-সংখ্যায় বৃদ্ধি = +4 এবং সালফারের জারণ-সংখ্যার হ্রাস = −2. এখন জারণ-সংখ্যার হ্রাস ও বৃদ্ধি সমান করিতে হইলে দুইটি সালফারের প্রয়োজন ; অর্থাৎ দুই অণু H_2SO_4 লইতে হইবে।

∴ $C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$, ইহাই সমতুল সমীকরণ।

(ii) ধাতব কপারের সহিত অর্ধ-লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করিলে কপার জারিত হইয়া কপার নাইট্রেট লবণ এবং নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড, NO গঠন করে ; অর্থাৎ বিক্রিয়াটি এইরূপ ঘটে,

$$\overset{0}{Cu} + H\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow \overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 + 2\overset{+2}{N}O + H_2O.$$

অতএব, কপারের জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি = +2 এবং নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যার হ্রাস = −3. সুতরাং জারণ-সংখ্যার হ্রাস ও বৃদ্ধি সমান করিতে কপার ও নাইট্রিক অ্যাসিড অণুর অনুপাত হইবে 3 : 2 ; অর্থাৎ তিনটি কপার ও দুইটি HNO_3 অণু দরকার। ইহা ছাড়া তিনটি কিউপ্রিক আয়ন, Cu^{++}-কে লবণে পরিণত করিতে ছয়টি HNO_3 অণু দরকার। অতএব সর্বমোট HNO_3 অণুর সংখ্যা হইবে আট।

∴ $3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$, ইহাই সমতুল সমীকরণ।

প্রশ্ন : ১৩৬। জারক ও বিজারক দ্রব্যের তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞা (ক) আয়ন-ইলেকট্রন এবং (খ) জারণ-সংখ্যার ভিত্তিতে লিখ। কিভাবে তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয় উদাহরণ দ্বারা দেখাও।

উত্তর : (ক) কোন বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকালে যে পরিমাণ জারক ও বিজারক

দ্রব্য একটি ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে তাহাকে উহাদের তুল্যাঙ্কভার বলা হয়।
সুতরাং কোন জারক বা বিজারকের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{\text{উহার আণবিক/আয়নিক ওজন}}{\text{গৃহীত বা বর্জিত ইলেকট্রন-সংখ্যা}}$।
যেমন জারণকালে জারক দ্রব্য পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, $KMnO_4$-এর একটি অণু (তথা একটি MnO_4^- আয়ন) 5-টি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নিজে বিজারিত হয়ঃ $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{++} + 4H_2O$. অতএব উহার তুল্যাঙ্কভার $= MnO_4/5 = KMnO_4/5$. আবার বিজারণের সময় বিজারক দ্রব্য অক্সালিক অ্যাসিড, $H_2C_2O_4$-এর একটি অণু (তথা একটি $C_2O_4^=$ আয়ন) জারিত হইলে 2-টি ইলেকট্রন বর্জন করেঃ $C_2O_4^= - 2e \rightarrow 2CO_2$. সুতরাং উহার তুল্যাঙ্কভার $= C_2O_4^=/2 = H_2C_2O_4/2$.

(খ) জারণ-বিজারণে যে পরিমাণ জারক ও বিজারক দ্রব্যের মধ্যে অবস্থিত কোন একটি নির্দিষ্ট মৌলের পরমাণুর জারণ-সংখ্যার এক একক হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটে তাহাকে উহাদের তুল্যাঙ্কভার বলা হয়। সুতরাং কোন জারক বা বিজারকের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{\text{উহার আণবিক/আয়নিক ওজন}}{\text{জারণ-সংখ্যার হ্রাস বা বৃদ্ধি}}$। যেমন পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, $KMnO_4$ বা MnO_4^- আয়ন জারণ বিক্রিয়ায় নিজে বিজারিত হইয়া Mn^{++} আয়নে পরিবর্তিত হইলে Mn^--পরমাণুর জারণ-সংখ্যার হ্রাস $= 7-2=5$ একক হয়; কারণ $KMnO_4$ বা MnO_4^--এ Mn-এর জারণ-সংখ্যা $+7$ এবং Mn^{++} আয়নে $+2$. সুতরাং উহার তুল্যাঙ্কভার $= MnO_4^-/5$ বা $KMnO_4/5$. আবার অক্সালিক অ্যাসিড, $H_2C_2O_4$ বা $C_2O_4^=$ আয়ন বিজারণ বিক্রিয়ায় নিজে জারিত হইয়া দুই অণু CO_2 উৎপন্ন করে। $H_2C_2O_4$ বা $C_2O_4^=$ আয়নে কার্বন পরমাণুর মোট জারণ-সংখ্যা $+3\times2=+6$ এবং দুই অণু CO_2-এ $2\times+4=8$. অতএব কার্বনের জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি $=8-6=2$ একক। সুতরাং উহার তুল্যাঙ্কভার $= C_2O_4^=/2$ বা $H_2C_2O_4/2$.

প্রশ্ন: ১৩৭। (ক) ধাতুর তড়িৎ-বিভব শ্রেণী কাহাকে বলে? (খ) ইহাকে তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী বলা হয় কেন? এই শ্রেণীর কয়েকটি ধাতুর নাম ক্রম অনুযায়ী লিখ। (গ) তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীর বৈশিষ্ট্য কি?

উত্তর: (ক) কোন একটি ধাতু উহার যে কোন লবণের জলীয় দ্রবণের সংস্পর্শে রাখিলে ধাতু ও দ্রবণের মধ্যে বিভব পার্থক্য দেখা যায়। ইহাকে ধাতুর তড়িৎ-বিভব বলে। সকল ধাতুর তড়িৎ-বিভব এক নয়। এখন প্রত্যেকটি ধাতুকে উহার নিজ নিজ আয়নের তুল্যাঙ্ক দ্রবনে আংশিক ডুবাইলে ধাতুসমূহের উপর সৃষ্ট তড়িৎ-বিভবের পরিমাণ অনুসারে ধাতুগুলিকে ক্রমিকভাবে সাজাইলে যে তালিকা পাওয়া যায় তাহাকে ধাতুর তড়িৎ-বিভব শ্রেণী বলে।

(খ) বিভিন্ন ধাতুর উপর উৎপন্ন তড়িৎ-বিভব তথা তড়িচ্চালক বল ধাতুগুলির ইলেকট্রন বর্জন করিবার ক্ষমতার উপর নির্ভর করে। কারণ ধাতব পরমাণুমাত্রই ইলেকট্রন বর্জন করিয়া ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত আয়ন গঠন করে; এই ধনাত্মক আয়ন উৎপাদন করার প্রবণতা বিভিন্ন ধাতব পরমাণুর ক্ষেত্রে বিভিন্ন। অতএব তড়িৎ-বিভবের

মত বিভিন্ন ধাতব পরমাণুর ইলেকট্রন ত্যাগ করিবার প্রবণতার মাত্রা ভিন্ন এবং এই মাত্রা অনুসারে ধাতুগুলিকে ক্রমিকভাবে সাজাইলে যে অভিন্ন তালিকা পাওয়া যায় তাহাই তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী নামে পরিচিত। এই তালিকা হইতে ধাতুসমূহের রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক পরিমাপও পাওয়া যায়। এই শ্রেণীভুক্ত কয়েকটি পরিচিত ধাতু নিম্নে পর পর দেখান হইল :—

K, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Sn, Pb, H_2, Cu, Hg, Ag, Au

(গ) এই তড়িৎ-রাসায়নিক তথা তড়িৎ-বিভব শ্রেণীর বৈশিষ্ট্য এই যে : (১) পূর্ববর্তী ধাতব মৌল পরবর্তী ধাতব মৌল অপেক্ষা অধিক ধনাত্মক তড়িৎ-ধর্মী বলিয়া উহাদের আয়ন গঠনের প্রবণতা বেশী। এইজন্যই ধাতুর সক্রিয়তা প্রথম হইতে শেষের দিকে ক্রমশঃ হ্রাস পায় ; যেমন K,Na প্রভৃতি ধাতু সহজেই অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া অক্সাইড যৌগ গঠন করে কিন্তু Cu, Ag তাহা পারে না। (২) পূর্ববর্তী ধাতু দ্বারা গঠিত যৌগগুলি অপেক্ষাকৃত অধিক স্থায়ী হয়। (৩) পূর্ববর্তী ধাতু পরবর্তী ধাতুকে উহার লবণের দ্রবণ হইতে প্রতিস্থাপন করিতে সক্ষম ; যেমন $CuSO_4$ দ্রবণে আয়রণ, $AgNO_3$ দ্রবণে জিঙ্ক অথবা $HgCl_2$ দ্রবণে কপার ডুবাইলে উপরোক্ত ধাতুগুলির উপর যথাক্রমে কপার, সিলভার বা মারকারির আস্তরণ পড়ে। (৪) প্রথম দিকের ধাতব অক্সাইডগুলি তীব্র ক্ষারকীয় হয়। ইহা ছাড়া এই শ্রেণী বিভিন্ন ধাতু এবং উহাদের যৌগের প্রকৃতি ও ধর্মের পরিচয় জ্ঞাপনে সহায়তা করে।

———

দ্বাদশ অধ্যায় | পর্যায়-সূত্র ও পর্যায় সারণী

প্রশ্ন : ১৩৮। (ক) মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। (খ) পর্যায় সারণী কি ? ইহার সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

উত্তর : (ক) **পর্যায়-সূত্র**—মৌলসমূহের ও উহাদের অনুরূপ যৌগসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম মৌলগুলির পারমাণবিক ওজনের সহিত পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয়। মৌলগুলিকে ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে পর পর সারিবদ্ধভাবে সাজাইলে দেখা যায়, উহাদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম এক মৌল হইতে অন্য মৌলে নিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয় ; কিন্তু নির্দিষ্ট ব্যবধানের পর মৌলগুলির মধ্যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্য হয় অর্থাৎ মৌলগুলির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পর্যানুক্রমিক পুনরাবৃত্তি ঘটে।

(খ) **পর্যায় সারণী**—পর্যায়-সূত্র অনুসারে মৌলগুলিকে ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুযায়ী সাজাইলে যে সারিবদ্ধ তালিকা পাওয়া যায় তাহাকে পর্যায়-সারণী বলে।

পর্যায় সারণীতে সদৃশ মৌলগুলি উলম্বভাবে পরস্পরের নীচে স্থান পায়। ফলে সারণীতে কতকগুলি অনুভূমিক ও কতকগুলি উলম্ব সারির সৃষ্টি হয়। অনুভূমিক সারিগুলিকে পর্যায় এবং উলম্ব সারিগুলিকে শ্রেণী বলে। সংশোধিত পর্যায়-সারণীতে সর্বসমেত 103-টি মৌল আছে ; ইহাদিগকে সাতটি পর্যায়ে এবং নয়টি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়। নয়টি শ্রেণী যথাক্রমে রোমান সংখ্যা I হইতে VIII এবং O দ্বারা চিহ্নিত থাকে। (পর্যায়-সারণী পর পৃষ্ঠায় দেখ)। প্রত্যেক পর্যায়ের প্রথমে ক্ষার ধাতু (শ্রেণী I) এবং শেষে নিষ্ক্রিয় গ্যাস (শ্রেণী O) থাকে ; একমাত্র প্রথম পর্যায়ের প্রথমে H বসে। ইহাতে প্রত্যেক পর্যায়ে অবস্থিত মৌলগুলির ধর্ম উহাদের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সহিত পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হইলেও প্রত্যেক শ্রেণীভুক্ত মৌলসমূহের মধ্যে প্রভূত সাদৃশ্য বিদ্যমান থাকে। সেইজন্য একই শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলিকে একটি পরিবার বা গোষ্ঠী বলা চলে। যেমন শ্রেণী VII (F, Cl, Br, I)-কে হ্যালোজেন গোষ্ঠী এবং শ্রেণী I (Li, Na, K, Rb, Cs)-কে ক্ষার ধাতু গোষ্ঠী বলে।

(১) পর্যায়-সারণীর প্রথম পর্যায়ে H এবং He এই 2-টি মৌল থাকে।

(২) দ্বিতীয় পর্যায়ে Li, Be, B, C, N, O, F, Ne এই 8-টি মৌল এবং তৃতীয় পর্যায়ে Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, A এই 8-টি মৌল থাকে। এই দুই পর্যায়ের মৌলগুলি ধর্মে একই রকম হয়। এই দুইটিকে হ্রস্ব পর্যায় (short period) এবং অন্তর্ভুক্ত মৌলগুলিকে আদর্শ মৌল (typical elements) বলে।

(৩) চতুর্থ পর্যায়ে ক্ষার ধাতু K হইতে নিষ্ক্রিয় গ্যাস Kr পর্যন্ত এবং পঞ্চম পর্যায়ে ক্ষার ধাতু Rb হইতে নিষ্ক্রিয় গ্যাস Xe পর্যন্ত প্রত্যেকটিতে 18-টি মৌল থাকে ;

উহাদের মধ্যে 10-টি সন্ধিগত মৌল এবং বাকী 8-টি হ্রস্ব পর্যায়ের আদর্শ মৌলের সহিত সাদৃশ্যযুক্ত। ইহাদের দীর্ঘ পর্যায় (long period) বলা হয়।

(৪) ষষ্ঠ পর্যায়ে ক্ষার ধাতু Cs হইতে নিষ্ক্রিয় গ্যাস Rn পর্যন্ত 32-টি মৌল থাকে। ইহাদের মধ্যে 14-টি 'বিরল-মৃত্তিক' মৌল (rare-earth elements), 10-টি সন্ধিগত মৌল (transitional elements) এবং বাকী 8-টি আদর্শ মৌলের সহিত সাদৃশ্যযুক্ত। বিরল-মৃত্তিক মৌলগুলির রাসায়নিক ধর্ম অতিমাত্রায় সদৃশ বলিয়া উহাদিগকে 'ল্যান্থানাইড মৌল' (lanthanides) গোষ্ঠী বলে এবং একত্রে পর্যায়-সারণীর একটি স্থানে থাকে। এই পর্যায়কে অতি দীর্ঘ পর্যায় (very long period) বলা হয়।

(৫) সপ্তম পর্যায়টি অসম্পূর্ণ এবং ইহা ষষ্ঠ পর্যায়ের মত অভিন্ন অনুক্রমে থাকে। ইহার সমস্ত মৌলই তেজস্ক্রিয়। ইউরেনিয়ামের পর আবিষ্কৃত মৌলগুলি বিরল-মৃত্তিক মৌলগুলির সহিত সাদৃশ্যযুক্ত। ইহাদিগকে 'অ্যাক্টিনাইড মৌল' (actinidees) গোষ্ঠী বলা হয়।

আবার সমস্ত দীর্ঘ পর্যায়গুলিকে হাইড্রোজেন হইতে আরম্ভ করিয়া ক্রমিক সংখ্যা অনুসারে যুগ্ম-ক্রম (even series) ও অযুগ্ম-ক্রম (odd series) রূপে দুই ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। যেমন চতুর্থ, পঞ্চম ও ষষ্ঠ পর্যায়ের প্রথম সারি যুগ্ম-ক্রম এবং দ্বিতীয় সারি অযুগ্ম-ক্রমের অন্তর্ভুক্ত।

প্রশ্ন : ১৩৯। (ক) পর্যায়-সারণীর উপকারিতা ও ত্রুটিসমূহ উল্লেখ কর। (খ) আধুনিক পর্যায় সূত্র বিবৃত কর। ইহা কিভাবে মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর ত্রুটিসমূহ ব্যাখ্যা সহ সংশোধন করিতে সক্ষম ?

উত্তর : (ক) **উপকারিতা**—(১) পর্যায়-সারণী মৌলসমূহের ধর্মভিত্তিক উৎকৃষ্টতম শ্রেণীবিভাগ। ইহার সাহায্যে রসায়ন বিজ্ঞানের অধ্যয়ন সহজতর ও সুশৃঙ্খলিত হইয়াছে। মৌলগুলিকে ধর্মানুসারে ক্ষার ধাতু, ক্ষার-মৃত্তিকা ধাতু, হ্যালোজেন প্রভৃতি কয়েকটি শ্রেণীতে বিভক্ত করিবার ফলে প্রত্যেকশ্রেণীর আদর্শ মৌল ও উহার যৌগগুলির ধর্ম জানিলেই সমস্ত মৌল ও উহাদের যৌগসমূহের ধর্ম জানা যায়।

(২) মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে ও সংশোধনেও পর্যায়-সারণীর ব্যবহার আছে। মেণ্ডেলিফ কতকগুলি মৌলের ধর্মকে প্রাধান্য দিয়া উহাদিগকে পর্যায়-সারণীর উপযুক্ত স্থানে স্থাপনের জন্য উহাদের পূর্ব-নির্ধারিত পারমাণবিক গুরুত্ব সংশোধন করেন ; এমন-কি কতকগুলি মৌলের অনির্ণীত পারমাণবিক গুরুত্বও নির্দিষ্ট করেন। যেমন বেরিলিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 4·5 ; অ্যালুমিনিয়ামের সহিত ইহার অত্যধিক সাদৃশ্য হেতু বেরিলিয়ামের যোজ্যতা 3 ধরিলে পারমাণবিক গুরুত্ব $4·5 \times 3 = 13·5$ হয়। কিন্তু শ্রেণী III-তে কোন শূন্যস্থান না থাকায় মেণ্ডেলিফ Be-এর পারমাণবিক গুরুত্ব 9 ধরিয়া ইহাকে শ্রেণী II-এ Li ও B-এর মধ্যবর্তী শূন্য স্থানে স্থাপন করেন, কারণ Li ও B-এর গড় পারমাণবিক গুরুত্ব 9 এবং নীচে অবস্থিত Mg-এর সহিত Be-এর প্রভূত সাদৃশ্য বিদ্যমান। বর্তমানে Be-এর যোজ্যতা 2 এবং গৃহীত পারমাণবিক গুরুত্ব 9·013. এইভাবে মেণ্ডেলিফ ইণ্ডিয়াম ও গোল্ডের পারমাণবিক গুরুত্বও সংশোধন করেন।

আধুনিক পর্যায়-সারণী

(মৌলের চিহ্নের পাশের ও নীচের সংখ্যাগুলি যথাক্রমে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক ও পারমাণবিক ওজন নির্দেশ করিতেছে)

পর্যায়	শ্রেণী I (A B)	II (A B)	III (A B)	IV (A B)	V (A B)	VI (A B)	VII (A B)	VIII	0
1	H 1 1·008								He 2 4.008
2	Li 3 6.940	Be 4 9,013	B 5 10.82	C 6 12.01	N 7 14.008	O 8 16.00	F 9 19.00		Ne 10 20.183
3	Na 11 22.997	Mg 12 24.32	Al 13 26.98	Si 14 28.09	P 15 30.975	S 16 32.066	Cl 17 35.457		A 18 39.944
4	K 19 39.10	Ca 20 40.08	Sc 21 44.96	Ti 22 47·90	V 23 50.95	Cr 24 52.01	Mn 25 54.93	Fe 26 Co 27 Ni 28 55.85 58.94 58.69	
	Cu 29 63·54	Zn 30 65.38	Ga 31 69.72	Ge 32 72.60	As 33 74.91	Se 34 78·96	Br 35 79.916		Kr 36 83.8
5	Rb 37 85.48	Sr 38 87.63	Y 39 88·92	Zr 40 91.22	Nb 41 92.91	Mo 42 95.95	Tc 43 99.0	Ru 44 Rh 45 Pd 46 101.7 102.91 106.7	
	Ag 47 107.88	Cd 48 112.41	In 49 114.76	Sn 50 118.70	Sb 51 121.76	Te 52 127.61	I 53 126.91		Xe 54 131.3
6	Cs 55 132.91	Ba 56 137·36	La 57* 138.92	Hf 72 178.6	Ta 73 180.88	W 74 183.92	Re 75 186.31	Os 76 Ir 77 Pt 78 190.2 193·1 195.2	
	Au 79 197.2	Hg 80 200.61	Tl 81 204·39	Pb 82 207.21	Bi 83 209.00	Po 84 210	At 85 210		Rn 86 222
7	Fr 87 223	Ra 88 226.05	Ac 89** 227	Th 90 232.12	Pa 91 231	U 92 238.07			

* বিরল-মৃত্তিক মৌল (58—71) (ল্যান্থানাইডস্)	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
** ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল (93—103) (অ্যাকটিনাইডস্)	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	E 99	Fm 100	Mv 101	No 102	Lw 103

(৩) পর্যায়-সারণী গঠিত হওয়ায় উহার শূন্য স্থানগুলির জন্য নিরুদ্দিষ্ট মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব ও প্রকৃতি এবং উহাদের অস্তিত্ব সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করা সম্ভব হয়;

ইহাতে বিজ্ঞানীরা নূতন মৌল আবিষ্কারের প্রেরণা লাভ করেন। যেমন মেণ্ডেলিফের সারণীতে শ্রেণী III-তে B ও Al-এর নীচে এবং শ্রেণী IV-তে Si-এর নীচে অবস্থিত মৌল তিনটি অজ্ঞাত ছিল। তিনি উহাদের পারমাণবিক ওজন ও ধর্ম সম্বন্ধে নির্দেশ দেন এবং পরে ঐরূপ গুণসম্পন্ন তিনটি মৌল স্ক্যানডিয়াম (Sc), গ্যালিয়াম (Ga) ও জার্মেনিয়াম (Ge) আবিষ্কৃত হয়। এইভাবে শ্রেণী 0-এর অস্তিত্ব ও পরে উহার সমস্ত নিষ্ক্রিয় মৌল আবিষ্কৃত হয়।

ত্রুটি—(১) কয়েকটি ক্ষেত্রে শ্রেণীগত সাদৃশ্য বজায় রাখিবার জন্য মূলনীতি লঙ্ঘন করিয়া অধিকতর পারমাণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট মৌলকে কম পারমাণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট মৌলের পূর্বে বসান হইয়াছে। যেমন A (39·94)-কে K (39·1)-এর পূর্বে, Co (58·94)-কে Ni (58·69)-এর পূর্বে এবং Te (127·61)-কে I (126·91)-এর পূর্বে পর্যায়-সারণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে। (২) পর্যায়-সারণীতে হাইড্রোজেনের স্থান একটি বিতর্কের বিষয়। ইহা একযোজী বলিয়া ইহাকে শ্রেণী I-এ ক্ষার ধাতুর সহিত অথবা শ্রেণী VII-এ হ্যালোজেনের সহিত বসাইতে হয়। আবার উহাদের ধর্মের সহিত হাইড্রোজেনের ধর্মের সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য উভয়ই বর্তমান। ফলে ইহাকে শ্রেণী I বা শ্রেণী VII-এর যে-কোন একটিতে বসাইলে নানা অসুবিধা দেখা দেয়। (৩) শ্রেণী III-এর অতি দীর্ঘ পর্যায়ে 14-টি বিরল মৃত্তিক মৌলের জন্য একটিমাত্র স্থান নির্দিষ্ট আছে। (৪) কতকগুলি মৌলের ভিতর সাদৃশ্য না থাকিলেও উহাদের একই শ্রেণীতে অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে। যেমন ক্ষার ধাতু Li, Na, K, Rb ও Cs-এর সহিত মুদ্রা ধাতু Cu, Ag ও Au অবস্থান করে। অপরদিকে কতকগুলি সমধর্মী মৌল যথা Ba ও Pb, Cu ও Hg-কে পৃথক শ্রেণীতে দেখা যায়। (৫) শ্রেণী VIII-এ তিনটি করিয়া মৌল (Fe, Co, Ni) ও (Os, Ir, Pt) একত্রে একটি মাত্র স্থানে রাখা হইয়াছে।

(খ) মৌলসমূহের এবং উহাদের অনুরূপ যৌগসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম উহাদের পরমাণু-ক্রমাঙ্কের সহিত পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয়। ইহাই আধুনিক পর্যায়-সূত্র। ইহা মেণ্ডেলিফের সারণীর অনেক ত্রুটি উপযুক্ত ব্যাখ্যাসহ সংশোধন করে। যেমন—(১) মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক ও সারণীতে উহার অবস্থান এক হওয়ায় হাইড্রোজেনের স্থান নির্ণয়ে কোন অসুবিধা হয় না; ইহা প্রথম পর্যায়ে শ্রেণী I-এর শীর্ষে স্থান পায়। (২) একই প্রকারে A, Co ও Te-এর পরমাণু ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে K, Ni ও I-এর পরমাণু-ক্রমাঙ্ক অপেক্ষা এক কম বলিয়া পর্যায়-সারণীতে উহাদের অবস্থানের মধ্যে কোন অসঙ্গতি থাকে না। (৩) 14-টি বিরল-মৃত্তিক মৌলের পরমাণুতে প্রোটন-সংখ্যা ভিন্ন হইলেও উহাদের সর্ব-বহিঃস্থ স্তরের ইলেকট্রন-সংখ্যা 3-টি থাকে বলিয়া উহারা ত্রিযোজী। ফলে ইহাদের একত্রে শ্রেণী III-তে অবস্থানে অসঙ্গতি থাকে না। (৪) ইলেকট্রন-বিন্যাসের ভিত্তিতে বিভিন্ন ধর্ম বিশিষ্ট ক্ষার ধাতু ও মুদ্রা ধাতুর একই শ্রেণীতে অন্তর্ভুক্তি এবং সাদৃশ্য মৌল Ba ও Pb, Cu ও Hg-এর ভিন্ন শ্রেণীতে অন্তর্ভুক্তি ব্যাখ্যা করা যায়।

প্রশ্ন : ১৪০। পর্যায়-সারণীর (i) শ্রেণী ও উপশ্রেণী, (ii) হ্রস্ব ও দীর্ঘ পর্যায়, (iii) যুগ্ম ও অযুগ্ম ক্রমের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : (i) শ্রেণী ও উপশ্রেণী—সারণীর দীর্ঘ পর্যায়ের ক্ষেত্রে প্রত্যেকটি শ্রেণীতে দুইটি ভিন্নধর্মী মৌল স্থান পায় বলিয়া উহাদের আবার দুইটি উপশ্রেণী (a ও b)-তে বিভক্ত করা হয়। বিভিন্ন পর্যায়ের একই উপশ্রেণীর মৌলগুলির মধ্যে ধর্মের সাদৃশ্য খুবই বেশী কিন্তু একই শ্রেণীভুক্ত দুইটি উপশ্রেণীর মৌলসমূহ ধর্মে বিভিন্ন হয়। সাধারণতঃ শ্রেণী I ও II-এর উপশ্রেণী b-তে এবং শ্রেণী III, IV, V, VI ও VII-এর উপশ্রেণী a-তে সন্ধিগত মৌলগুলি স্থান পায় এবং কোন শ্রেণীর হ্রস্ব পর্যায়ের আদর্শ মৌলগুলি সন্ধিগত মৌলমুক্ত উপশ্রেণীতে থাকে। যেমন সারণীর প্রান্তস্থিত শ্রেণী I-এর আদর্শ মৌলগুলি ও উপশ্রেণী a-এর মৌলগুলি ঘনিষ্টভাবে সম্পর্কযুক্ত ; ইহাদের ক্ষার ধাতু বলে। অপরদিকে, শ্রেণী VII-তে আদর্শ মৌলগুলি ও উপশ্রেণী b-এর মৌলগুলি হ্যালোজেন গোষ্ঠী গঠন করে।

(ii) **হ্রস্ব ও দীর্ঘ পর্যায়**—১৩৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(iii) **যুগ্ম ও অযুগ্ম ক্রম**—১৩৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ১৪১। পর্যায়-সারণীতে বিভিন্ন মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পর্যায়-গত ও শ্রেণীগত ক্রমিক পরিবর্তন উদাহরণসহ বুঝাইয়া দাও।

উত্তর : পর্যায়-সারণীর একই পর্যায় ভুক্ত মৌলগুলির বিভিন্ন ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম উহাদের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে ক্রমিক পরিবর্তিত হয় ; এমন কি একই শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলি সমধর্মী হওয়া সত্ত্বেও উহাদের ধর্মের মাত্রা মৌলের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে পরিবর্তিত হয়। সাধারণতঃ কোন মৌলের ধর্ম সারণীতে উহার সন্নিহিত মৌল দুইটির ধর্মের মাঝামাঝি হয়। এই কারণেই মৌলের ধর্ম সারণীতে উহার স্থানের উপর নির্ভরশীল। ইহাই পর্যায়-সারণীর বৈশিষ্ট্য।

(১) মৌলগুলির ভৌত ধর্ম যথা পারমাণবিক আয়তন, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক প্রভৃতি উহাদের পারমাণবিক ওজনের সহিত পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়। মৌলের ভৌত ধর্ম গুলির এই ক্রমিক পরিবর্তন পর্যায়গত ও শ্রেণীগতভাবে লক্ষ্য করা যায়।

(২) পর্যায়-সারণী প্রধানতঃ মৌলের যোজ্যতারই শ্রেণীবিভাগ। ইহাতে মৌলের শ্রেণীসংখ্যা এবং উহার সর্বাধিক অক্সিজেন যোজ্যতা এক থাকে। ফলে পর্যায়গতভাবে মৌলের যোজ্যতা পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়। যেমন অক্সাইড যৌগে মৌলের অক্সিজেন যোজ্যতা শ্রেণী-সংখ্যা অনুযায়ী 1 হইতে 8 পর্যন্ত ক্রমান্বয়ে বাড়িয়া শ্রেণী VIII-ভুক্ত মৌলে OsO_4 ও RuO_4 যৌগ গঠন করে। কিন্তু হাইড্রাইড যৌগে হাইড্রোজেন যোজ্যতা শ্রেণী 1 হইতে শ্রেণী IV পর্যন্ত 1 হইতে এক এক বাড়িয়া 4 পর্যন্ত হয় ; অতঃপর আবার ক্রমান্বয়ে কমিয়া শ্রেণী VII-তে 1 হয়। কিন্তু যে-কোন শ্রেণীর মৌলের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যোজ্যতার যোগফল সর্বদাই 8 থাকে।

উদাহরণ স্বরূপ তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত বিভিন্ন মৌলের অক্সাইড ও হাইড্রাইড যৌগে এইরূপ ক্রমিক পরিবর্তন দেখান হইল।

শ্রেণী	I	II	III	IV	V	VI	VII
অক্সাইড	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7
হাইড্রাইড	NaH	MgH_2	AlH_3	SiH_4	PH_3	H_2S	HCl

মৌলসমূহের তড়িৎ-রাসায়নিক ধর্মও পর্যায়গত ও শ্রেণীগতভাবে উহাদের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়। (i) প্রত্যেক পর্যায়ের প্রথমে তীব্র তড়িৎ-ধনাত্মক ক্ষার ধাতু (শ্রেণী I) এবং শেষে তীব্র তড়িৎ-ঋণাত্মক হ্যালোজেন অধাতু (শ্রেণী VII) থাকে। যে-কোন পর্যায়ে শ্রেণী I হইতে মৌলের ধনাত্মক তড়িৎ বা ধাতব বৈশিষ্ট্য ক্রমশঃ হ্রাস পাইয়া মাঝামাঝি শ্রেণী IV-এর মৌলগুলি প্রায় তড়িৎ-নিরপেক্ষ হয়; অতঃপর শ্রেণী V হইতে ঋণাত্মক তড়িৎ বা অধাতব বৈশিষ্ট্য বৃদ্ধি পাইয়া শ্রেণী VII-এ তীব্র তড়িৎ-ঋণাত্মক বা অধাতব গুণ বিশিষ্ট হয়। তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত মৌলের অক্সাইডগুলি এইরূপ তড়িৎ ধর্মের ক্রমিক পরিবর্তন প্রদর্শন করে। যেমন—

শ্রেণী	I	II	III	IV	V	VI	VII
অক্সাইড	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7
ধর্ম	তীব্র ক্ষার	ক্ষার	উভধর্মী	মৃদু অম্ল	অম্ল	তীব্র অম্ল	অতিতীব্র অম্ল

অতএব সারণীর প্রত্যেক পর্যায়ে অক্সাইডের আম্লিক গুণ বাম হইতে ডান দিকে ক্রমশঃ বাড়ে; যেমন শ্রেণী I ও II-তে উহারা তীব্র ক্ষারীয় হইতে ক্ষারীয় হইয়া শ্রেণী III-তে উহারা উভধর্মী হয়; কিন্তু শ্রেণী IV, V, VI ও VII-এর অক্সাইডগুলির আম্লিক গুণ ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পায়।

(ii) পর্যায়-সারণীর প্রত্যেক শ্রেণীতে মৌলগুলির ধনাত্মক তড়িৎ বা ধাতব বৈশিষ্ট্য পারমাণবিক ওজনের সঙ্গে বৃদ্ধি পায়। সেইজন্য শ্রেণী V-এর নাইট্রোজেন ও ফসফরাস আদর্শ অধাতু, আর্সেনিক কিছু ধাতব গুণসম্পন্ন অধাতু, অ্যান্টিমনি অধাতব গুণসম্পন্ন ধাতু এবং বিসমাথ একটি আদর্শ ধাতু। এই সকল মৌলের অক্সাইডসমূহে ধাতব তথা ক্ষারকীয় ধর্মের ক্রমিক পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়। যেমন—

পর্যায়	2	3	4	5	6
মৌল	N	P	As	Sb	Bi
অক্সাইড	N_2O_3	P_2O_3	As_2O_3	Sb_2O_3	Bi_2O_3
ধর্ম	তীব্র অম্ল	তীব্র অম্ল	প্রধানতঃ অম্ল	উভধর্মী	প্রধানতঃ ক্ষার

অতএব সারণীর প্রত্যেক শ্রেণীর শিরোভাগে অধিকতর ঋণাত্মক তড়িৎধর্মী মৌল এবং পাদদেশে অধিকতর ধনাত্মক তড়িৎধর্মী মৌল থাকে।

প্রশ্ন : ১৪২। দীর্ঘ পর্যায়-সারণী কি? ইহার বৈশিষ্ট্যগুলি উল্লেখ কর।

উত্তর : বর্তমানে মেণ্ডেলিফের সারণীর পরিবর্তে উহারই বিস্তৃত আকারের দীর্ঘ পর্যায়-সারণী প্রচলিত। ইহাকে ব'য়র সারণী বলা হয়; কারণ এই সারণীতে অবস্থিত

মৌলগুলি ব'য়র ইলেকট্রন-বিন্যাস তত্ত্ব মানিয়া চলে। এই সারণীতেও মৌলগুলিকে ক্রমবর্ধমান পরমাণু-ক্রমাঙ্ক অনুসারে সাজান হইয়াছে।

বৈশিষ্ট্য :—দীর্ঘ পর্যায়-সারণীর বৈশিষ্ট এই যে ইহাতে উপশ্রেণীগুলিকে বাদ দিয়া উহাদের পৃথকভাবে দেখান হইয়াছে এবং দুইটি হ্রস্ব পর্যায়কে বিভক্ত করিয়া একই শ্রেণীভুক্ত সাদৃশ্য মৌলের সহিত উহাদের মৌলসমূহ সন্নিবিষ্ট করা হইয়াছে। এই ব্যবস্থার ফলে সন্ধিগত মৌলগুলি দীর্ঘ পর্যায়ে 18-টি মৌলের মধ্যভাগে একত্রে অবস্থান করে এবং প্রত্যেক দীর্ঘ পর্যায়ের মধ্যবর্তী স্থানে VIII শ্রেণীতে তিনটি করিয়া মৌল বর্তমান থাকে। প্রত্যেক পর্য্যায়ের প্রারম্ভে ক্ষার ধাতু এবং শেষ প্রান্তে নিষ্ক্রিয় গ্যাস থাকে ; ফলে সারণীতে সর্বমোট 7-টি অনুভূমিক পর্যায় এবং 18-টি উলম্ব শ্রেণী থাকে। কিন্তু এই সারণীতে 'ল্যান্থানাইডস্'ও 'অ্যাক্টিনাইডস্' মৌলগুলিকে পৃথক দুইটি গোষ্ঠী হিসাবে একত্রে দলভুক্ত করিয়া শ্রেণী IIIa-এর দুইটি স্থানে সন্নিবিষ্ট করা হইয়াছে এবং উহাদিগকে দীর্ঘ পর্যায়-সারণীর নীচের দিকের দুইটি সারিতে পৃথকভাবে দেখান হইয়াছে। এই দীর্ঘ পর্যায়-সারণীতে কোন মৌলের অবস্থান হইতে উহার পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাসের আভাস পাওয়া যায়।

প্রশ্ন : ১৪৩। (ক) ইলেকট্রন-বিন্যাস অনুসারে পর্যায়-সারণীর মৌলগুলিকে কয়ভাগে ভাগ করা যায়। ইহার সুবিধা কি? (খ) শ্রেণীসমূহের নাম ও বৈশিষ্ট্যগুলি লিখ। বিরল-মৃত্তিক বা ল্যান্থানাইড ও ইউরেনিয়ামোত্তর বা অ্যাক্টিনাইড শ্রেণীভুক্ত মৌল কি?

উত্তর : (ক) ইলেকট্রন-বিন্যাস অনুসারে গার্ডনার, লুডার বা ব্যাবোর মৌলগুলিকে এক সারণীতে সজ্জিত করেন। এই সারণীতে মৌলগুলির পরমাণু-ক্রমাঙ্কের ক্রমিক পর্যায়ের পরিবর্তে উহাদের পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন-বিন্যাসের পার্থক্যের উপর লক্ষ্য রাখা হইয়াছে। ইহার ফলে মৌলগুলিকে মোটামুটি চারি ভাগে বিভক্ত করা যায়।

এই সারণীর বিশেষত্ব এই যে ইহাতে সর্বমোট 32-টি উলম্ব শ্রেণী আছে কিন্তু পর্যায় সংখ্যা পূর্ববৎ 7-টিই থাকে। এই সারণীর প্রধান সুবিধা এই যে ল্যান্থানাইড ও অ্যাক্টিনাইড মৌলগুলিকে সারণীতে পৃথক পৃথক স্থান দেওয়া হইয়াছে।

(খ) ইলেকট্রন-বিন্যাস অনুসারে পূর্ণ ও আংশিক-পূর্ণ ইলেকট্রন কক্ষের ভিত্তিতে পর্যায়-সারণীর মৌলগুলিকে মোটামুটি চারি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা—

(১) **নিষ্ক্রিয় মৌল**—এই জাতীয় মৌলের সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষ ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ থাকে ; He-এর ক্ষেত্রে 2-টি এবং Ne, A, Kr, Xe ও Rn-এর ক্ষেত্রে 8-টি ইলেকট্রন থাকে অর্থাৎ He ($1s^2$) বাদে ইহাদের সাধারণ সংকেত ns^2np^6. এইরূপ ইলেকট্রনীয় গঠন খুবই স্থায়ী, ফলে মৌলগুলির ইলেকট্রন গ্রহণ-বর্জন অথবা অংশভাগী হইবার ক্ষমতা থাকে না বলিয়া উহারা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণে অক্ষম হয়। সেইজন্য এই মৌলগুলি নিষ্ক্রিয় এবং ইহারা সারণীর শ্রেণী 0-তে অবস্থান করে।

(২) **আদর্শ মৌল**—এই জাতীয় মৌলের সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষ ইলেকট্রন দ্বারা আংশিক পূর্ণ, কিন্তু ভিতরের অন্যান্য কক্ষগুলি ইলেকট্রন দ্বারা সম্পূর্ণ পূর্ণ থাকে। ইহাদের

বহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রনগুলির সাধারণ সংকেত ns^1 হইতে ns^2np^5 হয়। সেইজন্য প্রত্যেক পর্যায়ে 7-টি আদর্শ মৌল থাকে। দীর্ঘ পর্যায়-সারণীর শ্রেণী Ia, IIa এবং IIIb হইতে VIIb-এর মৌলগুলি আদর্শ মৌল। বহিঃস্থ কক্ষ অসম্পূর্ণ বলিয়া ইলেকট্রন গ্রহণ-বর্জন অথবা অংশভাগী প্রক্রিয়ায় উহা সম্পূর্ণ (ns^2np^6) করিতে এই মৌলগুলি সর্বদা সচেষ্ট থাকে। সেইজন্য আদর্শ মৌলগুলি খুবই সক্রিয় এবং ইহারা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।

(৩) **সন্ধিগত মৌল**—এই জাতীয় মৌলের বহিঃস্থ দুইটি কক্ষই ইলেকট্রন দ্বারা অসম্পূর্ণ থাকে। এই মৌলগুলির ভিতরের d-অনুস্তর সম্পূর্ণ হয় না এবং s-অনুস্তরে একটি বা দুইটি ইলেকট্রন থাকিতে পারে। ইহাদের সাধারণ সংকেত $(n-1)d^{1-9}ns^{1-2}$. ইহারা সন্ধিগত মৌল। এই জাতীয় মৌলগুলি সবই ধাতু। ইহাদের একাধিক যোজ্যতা দেখা যায় এবং ইহারা অসমযোজী যৌগ গঠনে সক্ষম। সর্বমোট অসম্পূর্ণ 3d, 4d, 5d ও 6d অনুস্তর বিশিষ্ট চারিটি সন্ধিগত মৌলের সারি আছে।

(৪) **আভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌল**—এই জাতীয় মৌলগুলিও সন্ধিগত মৌল গোষ্ঠীভুক্ত; তবে ইহাদের কেবলমাত্র ভিতরের d-অনুস্তরই অপূর্ণ নয়, f-অনুস্তরও অপূর্ণ থাকে। সর্বমোট দুইটি আভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌলের সারি আছে; যথা অসম্পূর্ণ 4f ও 5d অনুস্তর বিশিষ্ট 14-টি বিরল-মৃত্তিক মৌল (সাধারণ সংকেত $4f^{1-13}5s^25p^6 5d^16s^2$) এবং অসম্পূর্ণ 5f ও 6d অনুস্তর বিশিষ্ট 14-টি ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল (সাধারণ সংকেত $5f^{1-13}6s^26p^66d^17s^2$)। এই দুইটি শ্রেণীকে যথাক্রমে ল্যান্থা-নাইড শ্রেণী ও অ্যাক্টিনাইড শ্রেণী বলে।

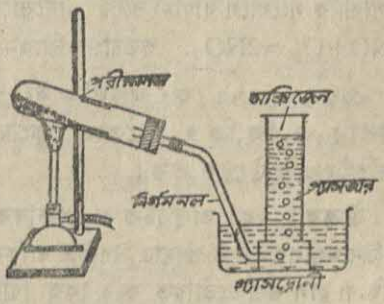
ল্যান্থানাইড শ্রেণীতে সিরিয়াম, Ce (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 58) হইতে লিউটেসিয়াম, Lu (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 71) এবং অ্যাক্টিনাইড শ্রেণীতে থোরিয়াম, Th (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 90) হইতে লরেন্সিয়াম, Lw (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 103) মৌল থাকে।

ত্রয়োদশ অধ্যায় | হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং উহাদের যৌগ

প্রশ্ন ঃ ১৪৪। (ক) পটাসিয়াম ক্লোরেট ও (খ) মারকিউরিক অক্সাইড হইতে কিরূপে অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয় চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর ঃ (ক) প্রস্তুতি—পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে—পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয় : $2KClO_3+[MnO_2]=2KCl+3O_2+[MnO_2]$. ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিযোজন ত্বরান্বিত করে কিন্তু বিক্রিয়া শেষে উহা ওজনে ও ধর্মে অপরিবর্তিত থাকে। এক্ষেত্রে MnO_2 অনুঘটকরূপে কাজ করে।

কার্য-প্রণালী—চারি ভাগ $KClO_3$ ও এক ভাগ MnO_2 বিচূর্ণ অবস্থায় ভালভাবে মিশাইয়া একটি শক্ত মোটা কাচের পরীক্ষানলে মিশ্রণটি লওয়া হয়। নলের মুখে বাঁকান নির্গম নল সমেত একটি কর্ক আঁটিয়া দেওয়া হয়। নলের মুখ একটু নীচু করিয়া বন্ধনীর সাহায্যে ধারকের সহিত আটকাইয়া নির্গম-নলের অপর মুখ একটি জলপূর্ণ গ্যাস-দ্রোণীতে ডুবাইয়া রাখা হয়।



চিত্র ১০

এখন পরীক্ষানলটি ধীরে ধীরে বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে $KClO_3$ ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে এবং উহা নির্গম নলের মুখ দিয়া জলের মধ্যে বুদ্ বুদ্ আকারে বাহির হইতে থাকে। কিছু গ্যাস বাহির হইয়া গেলে জলপূর্ণ গ্যাস-জার নির্গম নলের মুখে উপুড় করিয়া ধরিলে অক্সিজেন জল অপসারিত করিয়া গ্যাস-জারে সঞ্চিত হয়।

(খ) **মারকিউরিক অক্সাইড হইতে**—HgO উত্তপ্ত করিলে তাপে বিযোজিত হইয়া মারকারি ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে : $2HgO=2Hg+O_2$.

কার্য-প্রণালী—একটি শক্ত মোটা কাচের পরীক্ষানলে লাল মারকিউরিক অক্সাইড লইয়া উহার মুখে কর্কের সাহায্যে একটি বাঁকান নির্গম-নল লাগান হয়। নলটি বন্ধনীর সাহায্যে ধারকের সহিত কাত করিয়া আটকাইয়া উহার অপর প্রান্ত একটি গ্যাস-দ্রোণীর জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয়। নলটি সাবধানে উত্তপ্ত করিলে HgO বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে এবং উহা নির্গম-নলের মুখ দিয়া জলের মধ্যে বুদ্‌বুদ্ আকারে বাহির হইতে থাকে। কিছু গ্যাস বাহির হইয়া গেলে জল অপসারণ দ্বারা গ্যাস-জারে অক্সিজেন সংগ্রহ করা হয়।

প্রশ্ন : ১৪৫। (ক) অক্সিজেনের পরীক্ষাগার প্রস্তুত পদ্ধতি বর্ণনা কর। এক্ষেত্রে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের অবদান কি? (খ) উপযুক্ত পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ কর যে (i) অক্সিজেন দহন-সহায়ক এবং (ii) ইহা একটি জারক দ্রব্য।

উত্তর : (ক) ১৪৪ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) (i) একটি শিখাহীন দীপ্ত পাটকাঠি অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাস-জারে প্রবেশ করান হইল। পাটকাঠি তৎক্ষণাৎ উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিয়া উঠে কিন্তু অক্সিজেন নিজে জ্বলে না। ইহাই প্রমাণ করে, অক্সিজেন দহন-সহায়ক কিন্তু নিজে দাহ্য গ্যাস নয়।

(ii) উত্তপ্ত সালফার বা ম্যাগনেসিয়ামের টুকরা অক্সিজেন-পূর্ণ জারে নিক্ষেপ করা হইল। উহা উজ্জ্বলভাবে পুড়িতে থাকে। এক্ষেত্রে সালফার বা ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেনের সহিত সংযোগে অক্সাইডে জারিত হয় : $S+O_2=SO_2$; $2Mg+O_2=2MgO$. আবার বর্ণহীন NO গ্যাস অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসা মাত্র রাসায়নিক সংযোগে বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে : $2NO+O_2=2NO_2$. সুতরাং অক্সিজেন একটি জারক দ্রব্য।

প্রশ্ন : ১৪৬। (ক) অনুঘটক বা প্রভাবক কাহাকে বলে? ইহা কয় প্রকার ও কি কি? প্রত্যেক ক্ষেত্রে উদাহরণ দাও। (খ) অনুঘটকের বৈশিষ্ট্যগুলি উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) **অনুঘটক বা প্রভাবক**—কতকগুলি পদার্থ খুব সামান্য পরিমাণে বিক্রিয়কগুলির সহিত শুধুমাত্র উপস্থিত থাকিয়া কোন কোন রাসায়নিক ক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি বা হ্রাস তথা প্রভাবিত করে, কিন্তু বিক্রিয়া শেষে উক্ত পদার্থের ওজন ও ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে। ইহাদিগকে অনুঘটক বা প্রভাবক বলে এবং বিক্রিয়াটিকে অনুঘটন বা প্রভাবন বলা হয়।

অনুঘটক প্রধানত: দুই প্রকার ; যথা বর্ধক ও বাধক। যখন কোন অনুঘটক রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ দ্রুততর করে তখন উহাকে বর্ধক বা পরা-অনুঘটক বলে। $KClO_3$ হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতকালে MnO_2 বর্ধক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা $KClO_3$-এর বিযোজন ত্বরান্বিত করে কিন্তু বিক্রিয়া-শেষে ওজনে ও ধর্মে-একই থাকে। H_2SO_4-এর পণ্য উৎপাদনে প্লাটিনামের সূক্ষ্ম-চূর্ণ এবং অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে আয়রন-চূর্ণ বর্ধক রূপে ব্যবহৃত হয়।

যখন কোন অনুঘটক রাসায়নিক বিক্রিয়ার মূল গতি পূর্বাপেক্ষা হ্রাস করে তখন উহাকে বাধক বা অপরা-অনুঘটক বলে। H_2O_2 দ্রবণে সামান্য ফসফরিক অ্যাসিড মিশাইলে উহার বিযোজনের গতিবেগ হ্রাস পায়। আবার Na_2SO_3 দ্রবণে কয়েক ফোঁটা গ্লিসারিণ মিশাইলে বায়ুস্থিত অক্সিজেন দ্বারা Na_2SO_3-এর জারণের গতি হ্রাস পায়। সুতরাং এখানে ফসফরিক অ্যাসিড ও গ্লিসারিণ বাধক হিসাবে কাজ করে।

ইহা ছাড়া কোন কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কোন একটি পদার্থ বর্ধক

হিসাবে কাজ করিয়া মূল বিক্রিয়ার গতিবেগ বৃদ্ধি করে। এইরূপ প্রক্রিয়াকে **স্বতঃ প্রভাবন** বলে। আম্লিক দ্রবণে অক্সালিক অ্যাসিডের সহিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের বিক্রিয়া প্রথমে খুবই ধীর গতিতে হয়; কিন্তু বিক্রিয়ার ফলে সামান্য ম্যাঙ্গানাস **আয়ন**, Mn^{++} উৎপন্ন হওয়ামাত্র ইহা দ্রুতগতিতে বিক্রিয়া সুসম্পন্ন করিয়া পটাসিয়াম **লবণ**, ম্যাঙ্গানাস লবণ এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড সৃষ্টি করে।

(খ) **বৈশিষ্ট্য**—(i) অনুঘটক বিক্রিয়ার গতি প্রভাবিত করিলেও উহার মোট ভরের এবং ধর্মের কোন পরিবর্তন হয় না। (ii) অনুঘটক সর্বদা অল্প পরিমাণে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। (iii) অনুঘটক কোন রাসায়নিক ক্রিয়া আরম্ভ করিতে বা ক্রিয়ার শেষ ফলাফল পরিবর্তিত করিতে পারে না; ইহা ক্রিয়াশীল গতিকে শুধুমাত্র প্রভাবিত করে।

প্রশ্ন: ১৪৭। এমন কতকগুলি দ্রব্যের নাম কর যেগুলি (ক) সরাসরি উত্তপ্ত করিলে এবং (খ) অপর দ্রব্যের সহিত মিশাইয়া (i) উত্তপ্ত করিলে ও (ii) সাধারণ উষ্ণতায় অক্সিজেন পাওয়া যায়। উহাদের প্রত্যেকটির একটি হইতে পরীক্ষাগারে কিভাবে অক্সিজেন প্রস্তুত করিবে লিখ।

উত্তর: (ক) কতকগুলি অক্সিজেনবহুল যৌগ যথা পটাসিয়াম নাইট্রেট, সোডিয়াম নাইট্রেট, লেড নাইট্রেট, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট প্রভৃতি এবং কোন কোন মৃদু ধনাত্মক ধাতব অক্সাইড ও উচ্চতর মিশ্র বা পার-অক্সাইড যথা মারকিউরিক **অক্সাইড**, রেড লেড, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রভৃতি সরাসরি উত্তপ্ত করিলে **বিশ্লিষ্ট হইয়া** অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2\ ;\ 2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

$$2KMnO_4 = K_2MnO_4\ (\text{ম্যাঙ্গানেট}) + MnO_2 + O_2$$

$$2HgO = 2Hg + O_2\ ;\ 2Pb_3O_4 = 6PbO + O_2\ ;\ 2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

আবার লোহিত-তপ্ত ঝামা-পাথরের উপর গাঢ় নাইট্রিক **অথবা সালফিউরিক** অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা ফেলিলে উহারা বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2\ ;\ 2H_2SO_4 = 2SO_2 + 2H_2O + O_2$$

(খ) (i) পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত MnO_2 অথবা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সহিত লঘু H_2SO_4 মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন পাওয়া যায়।

$$4KMnO_4 + 6H_2SO_4 = 2K_2SO_4 + 4MnSO_4 + 6H_2O + 5O_2$$

(ii) সাধারণ উষ্ণতায় Na_2O_2 ও জল অথবা লঘু অ্যাসিডযুক্ত $KMnO_4$ ও H_2O_2 বিক্রিয়া করিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

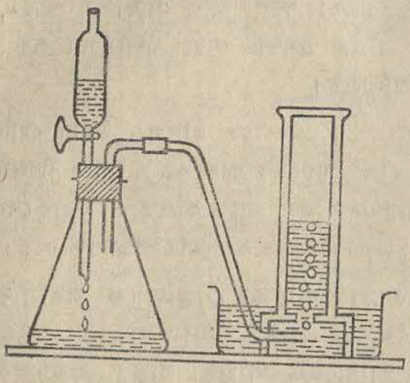
$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$

প্রস্তুতি: (ক) **HgO উত্তপ্ত করিয়া**—১৪৪ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) (i) **$KClO_3$ ও MnO_2 উত্তপ্ত করিয়া**—১৪৪ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ

(ii) **সাধারণ উষ্ণতায়**—বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি শঙ্কু-কূপীতে Na_2O_2 লওয়া হইল। এখন বিন্দুপাতী ফানেল হইতে উহাতে ফোঁটা ফোঁটা জল ফেলিলে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় NaOH ও O_2 উৎপন্ন হয়। নির্গত অক্সিজেন জল অপসারণ দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র ১১

একই উপায়ে শঙ্কু-কূপীতে H_2SO_4 মিশ্রিত $KMnO_4$ দ্রবণের মধ্যে বিন্দুপাতী ফানেল হইতে H_2O_2 ফেলিলে অক্সিজেন নির্গত হয় এবং উহা যথারীতি জল অপসারণ করিয়া গ্যাস জারে সংগ্রহ করা যায়।

প্রশ্ন : ১৪৮। (ক) অক্সিজেনের প্রধান ধর্মগুলি উল্লেখ কর। (খ) উহার ব্যবহার কি কি ? (গ) অক্সিজেন কিভাবে সনাক্ত করা হয় ?

উত্তর : (ক) ভৌত ধর্ম—অক্সিজেন একটি বর্ণহীন, স্বাদহীন ও গন্ধহীন গ্যাস। ইহা জলে সামান্য দ্রবণীয়। ইহার স্ফুটনাঙ্ক $-183^\circ C$। ইহা প্রাণী ও উদ্ভিদের শ্বাস-কার্যে সহায়তা করে।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) অক্সিজেন নিজে দাহ্য নয় কিন্তু দহন-সহায়ক। একটি শিখাহীন দীপ্ত পাটকাঠি অক্সিজেন গ্যাসে উজ্জ্বল শিখায় জ্বলে কিন্তু গ্যাস নিজে জ্বলে না।

(ii) অক্সিজেনের রাসায়নিক সক্রিয়তা খুব বেশী। কাঠ, কয়লা, কেরোসিন, মোম প্রভৃতি দাহ্য বস্তু অক্সিজেনে পুড়িবার সময় জারিত হইরা উত্তাপ ও আলো দেয়। নিষ্ক্রিয় গ্যাস, হ্যালোজেন ও কয়েকটি বরধাতু ছাড়া অক্সিজেন সোজাসুজি অন্যান্য ধাতব ও অধাতব মৌলের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সাইড যৌগ গঠন করে। অধাতব অক্সাইডগুলি আম্লিক ; ইহারা জলের সহিত মিলিয়া অ্যাসিড উৎপন্ন করে। কিন্তু ধাতব অক্সাইডগুলি ক্ষারকীয় ; জলে দ্রাব্য হইলে ইহারা ক্ষার উৎপন্ন করে। H_2O, NO, CO প্রভৃতি কয়েকটি অধাতব অক্সাইড প্রশম ; আবার ZnO, Al_2O_3 প্রভৃতি ধাতব অক্সাইডগুলি উভধর্মী হয়।

$$C+O_2=CO_2 \;;\; CO_2+H_2O=H_2CO_3$$
$$4P+5O_2=2P_2O_5 \;;\; P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$$
$$4Na+O_2=2Na_2O \;;\; Na_2O+H_2O=2NaOH$$

(iii) নানাবিধ যৌগের সঙ্গেও অক্সিজেন রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইয়া উহাদের জারিত করে। স্বচ্ছ বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিলেই বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় : $2NO+O_2=2NO_2$

অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অক্সিজেন বহু আস্ লবণকে ইক্ লবণে জারিত করে : $4FeCl_2 + 4HCl + O_2 = 4FeCl_3 + 2H_2O$. অক্সিজেন উত্তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইডকে ট্রাই-অক্সাইডে এবং অ্যামোনিয়াকে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত করে।

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3 \text{ ; } 4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

(iv) পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেটের ক্ষারীয় দ্রবণ অথবা অ্যামোনিয়া মিশ্রিত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ অক্সিজেন গ্যাস দ্রুত শোষণ করে।

(খ) **ব্যবহার**—(i) প্রাণী ও উদ্ভিদজাতির জীবন ধারণের জন্য, বিমান-চালক, পর্বতারোহী, ডুবুরী ও রোগীর শ্বাসকষ্টের সময় ; (ii) অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা (2800°C) ও অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা (3200°C) উৎপাদনে এবং (iii) সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়।

(গ) **সনাক্তকরণ**—অক্সিজেন গ্যাস (i) শিখাহীন দীপ্ত পাটকাঠিকে তীব্রভাবে প্রজ্বলিত করে ; (ii) বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসকে সংস্পর্শমাত্র বাদামী বর্ণে পরিণত করে এবং (iii) ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়।

প্রশ্ন : ১৪৯। (ক) জ্বলন্ত অঙ্গার, সালফার, ফসফরাস, সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও লৌহ-তার অক্সিজেন-পূর্ণ জারে প্রবেশ করাইলে কি হয় বর্ণনা কর। অথবা, **অক্সিজেনে উহাদের দহন-সম্পর্কিত পরীক্ষা বর্ণনা কর। (খ) দহন শেষে উৎপন্ন পদার্থগুলির প্রত্যেকটির সহিত জলের ক্রিয়া কি ?**

উত্তর : (ক) (i) একটি উজ্জ্বলন-চামচে একখণ্ড অঙ্গার (কার্বন), সালফার-চূর্ণ বা ফসফরাস লইয়া বুনসেন শিখায় উত্তপ্ত করিয়া চামচটি একটি অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাস জারে প্রবেশ করান হইল। অঙ্গার উজ্জ্বল শিখায় জ্বলিয়া উঠে এবং দহনের ফলে CO_2 উৎপন্ন হয় : $C + O_2 = CO_2$; সালফার নীলাভ শিখায় উজ্জ্বলভাবে জ্বলে এবং তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত SO_2 উৎপন্ন হয় : $S + O_2 = SO_2$; ফসফরাস তীব্রভাবে জ্বলিয়া উঠে এবং জারটি P_2O_5-এর ঘন সাদা ধোঁয়ায় ভরিয়া যায় : $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$.

(ii) একটি উজ্জ্বলন চামচে একখণ্ড উত্তপ্ত সোডিয়াম অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাস-জারে প্রবেশ করান হইল। সোডিয়াম সোনালী শিখাসহ উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে এবং সোডিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয় : $4Na + O_2 = 2Na_2O$; $2Na + O_2 = Na_2O_2$.

(iii) চিম্‌টার সাহায্যে একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা ধরিয়া অক্সিজেন-পূর্ণ জারে প্রবেশ করান হইল। ইহা অত্যুজ্জ্বল প্রভায় জ্বলিতে থাকে এবং দহনের ফলে MgO-এর সাদা ভস্ম উৎপন্ন হয় : $2Mg + O_2 = 2MgO$.

(iv) একটি অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাস-জারের তলায় কিছু বালি রাখিয়া জারের মধ্যে একটি উত্তপ্ত লোহার তারের অগ্রভাগ প্রবেশ করান হইল। তারটি জ্বলিতে থাকে এবং আয়রণ অক্সাইডের উজ্জ্বল স্ফুলিঙ্গ চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়ে : $3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$.

উপরোক্ত পরীক্ষাসমূহে প্রত্যেকটি মৌলের সহিত অক্সিজেন যুক্ত হইয়া অক্সাইড

গঠনের ফলে উহারা জারিত হয়; সুতরাং বিক্রিয়াগুলি জারণ ক্রিয়া এবং অক্সিজেন জারক দ্রব্য।

(খ) (i) নং পরীক্ষায় প্রত্যেকটিতে জল দিয়া নাড়িলে উৎপন্ন CO_2, গ্যাস SO_2 গ্যাস ও কঠিন P_2O_5 জলে দ্রবীভূত হইয়া যথাক্রমে মৃদু কার্বনিক অ্যাসিড, সালফিউরাস অ্যাসিড ও ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে: $CO_2+H_2O=H_2CO_3$; $SO_2+H_2O=H_2SO_3$; $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$. সুতরাং CO_2, SO_2 ও P_2O_5 আম্লিক অক্সাইড।

(ii) নং পরীক্ষায় উৎপন্ন সোডিয়াম অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া কষ্টিক সোডা উৎপন্ন করে। এই দ্রবণ লাল লিটমাস নীলবর্ণ করে: $Na_2O+H_2O=2NaOH$; $2Na_2O_2+2H_2O=4NaOH+O_2$. সুতরাং সোডিয়াম অক্সাইড ক্ষারীয় অক্সাইড।

(iii) নং পরীক্ষায় উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড জলে অল্প দ্রবণীয়। ইহা মৃদু ক্ষারধর্মী অক্সাইড: $MgO+H_2O=Mg(OH)_2$.

(iv) নং পরীক্ষায় উৎপন্ন Fe_3O_4 জলে অদ্রবণীয়। সুতরাং ইহা অদ্রাব্য ক্ষারকীয় অক্সাইড।

প্রশ্ন: ১৫০। (ক) অক্সিজেনকে কিরূপে (i) আম্লিক অক্সাইডে, (ii) ক্ষারীয় অক্সাইডে এবং (iii) অদ্রাব্য ক্ষারকীয় অক্সাইডে রূপান্তরিত করিবে? (খ) অক্সাইডসমূহকে এইভাবে শ্রেণীবদ্ধ করিবার কারণ দেখাও।

উত্তর: (ক) ১৪৯ নং প্রশ্নের (i), (ii) ও (iv) নং পরীক্ষা লিখ।

(খ) ৬২ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন: ১৫১। (ক) কিভাবে অক্সিজেন প্রকৃতিতে অবস্থান করে? (খ) অক্সিজেনের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর। অথবা, বায়ু হইতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন প্রস্তুতির শিল্প পদ্ধতি সংক্ষেপে লিখ।

উত্তর: (ক) মৌলসমূহের মধ্যে প্রকৃতিতে অক্সিজেনের প্রাচুর্য সর্বাধিক। জল, মাটি, বায়ু, নানাবিধ খনিজ পদার্থ এবং প্রাণী ও উদ্ভিদ জগতের বিভিন্ন উপাদানে অক্সিজেন প্রচুর পরিমাণে আছে। বায়ুতে মৌলাবস্থায় এবং অন্যান্য পদার্থে যৌগিক অবস্থায় অক্সিজেন থাকে। ওজন হিসাবে বায়ুতে 23% এবং জলে 88·9% অক্সিজেন আছে।

(খ) **নীতি**—বায়ু প্রধানত: নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সাধারণ মিশ্রণ। শীতল অবস্থায় চাপ প্রয়োগে বায়ুকে তরল করা হয় এবং পরে ইহার আংশিক পাতন দ্বারা নাইট্রোজেন হইতে অক্সিজেন পৃথক করা হয়।

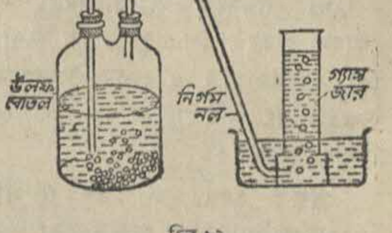
গলিত $CaCl_2$ এবং কলিচুনের সাহায্যে যথাক্রমে বায়ু হইতে প্রথমে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড অপসারিত করিয়া উহাকে অতিরিক্ত চাপে ক্রমাগত শীতল করিলে $-190^{\circ}C$ উষ্ণতার নীচে বায়ু তরলে পরিণত হয়। এই তরল বায়ুতে অক্সিজেন

ও নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে। উহাদের স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে $-183^\circ C$ এবং $-193^\circ C$; অর্থাৎ অক্সিজেন অপেক্ষা নাইট্রোজেন অধিকতর উদ্বায়ী। অতঃপর তরল বায়ুকে আংশিক পাতিত করিলে প্রথমে নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় এবং পাতন-যন্ত্রে অক্সিজেনের অনুপাত বৃদ্ধি পায়। ফলে পাতন-ক্রিয়ার শেষে নাইট্রোজেনমুক্ত তরল অক্সিজেন পাওয়া যায়। তরল অক্সিজেন ইস্পাত-নির্মিত চোঙে চাপে ভর্তি করিয়া রাখা হয়।

প্রশ্ন : ১৫২। (ক) পরীক্ষাগারে কিরূপে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়? (খ) ইহার প্রস্তুতি ও সংগ্রহের সময় কি কি সতর্কতা অবলম্বনের প্রয়োজন হয় এবং কেন? (গ) ইহা কিভাবে পরিশুদ্ধ করা হয়?

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—অবিশুদ্ধ জিঙ্ক দানার সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়: $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$.

দুইমুখ বিশিষ্ট একটি উল্‌ফ-বোতলে অল্প জিঙ্ক দানা লওয়া হয়। কর্কের সাহায্যে বোতলের দুই মুখে দীর্ঘনাল ফানেল ও বাঁকানো নির্গমনল দৃঢ়ভাবে লাগান হয় যেন যন্ত্রটি বায়ুরোধী থাকে। নলের শেষপ্রান্ত একটি দ্রোণীর ভিতরে জলের নীচে রাখিয়া ফানেলের মধ্যে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। অ্যাসিড জিঙ্কের সংস্পর্শে আসিলেই বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গম নলের মুখ দিয়া বুদ্‌বুদ্ আকারে নির্গত হয়। উল্‌ফ বোতলের ভিতরের বায়ু সম্পূর্ণ অপসারিত হইলে একটি গ্যাসজার জলপূর্ণ করিয়া নলের মুখে উপুড় করিয়া রাখিলে হাইড্রোজেন জল অপসারিত করিয়া গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়।



চিত্র ১২

(খ) **সতর্কতা**—(১) যন্ত্রটি যেন সম্পূর্ণ বায়ুরোধী হয়, (২) বোতলে নলের মুখটি যেন অ্যাসিডের মধ্যে ডুবানো থাকে, (৩) গ্যাসজারে কোন বায়ুর বুদ্‌বুদ্ না থাকে, (৪) বোতলের ভিতরকার সমস্ত বায়ু অপসারণের পর হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করা প্রয়োজন এবং (৫) যন্ত্রের নিকটে কোন অগ্নিশিখা রাখা উচিত নয়; নচেৎ বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে।

(গ) **বিশুদ্ধিকরণ**—জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়; ইহাতে জলীয় বাষ্প ছাড়াও সামান্য আরসাইন (AsH_3), ফসফিন (PH_3), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) এবং নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে। অবিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাসকে ক্রমান্বয়ে লেড নাইট্রেট $Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ, সিলভার সালফেট Ag_2SO_4 দ্রবণ, গাঢ় কষ্টিক পটাস দ্রবণ এবং কঠিন ফসফরাস পেন্টক্সাইডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে

উহারা যথাক্রমে H_2S, AsH_3 ও PH_3, CO_2 ও SO_2 এবং জলীয় বাষ্প শোষণ করে। অতঃপর গ্যাসকে বায়ুশূন্য বাল্‌বের ভিতর রক্ষিত উষ্ণ প্যালেডিয়াম ধাতুর পাতের উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে কেবলমাত্র হাইড্রোজেন গ্যাস শোষিত হয়। নাইট্রোজেন পাম্পের সাহায্যে বাহির করিয়া প্যালেডিয়াম-পূর্ণ বাল্‌বকে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন নির্গত হয় এবং পারদ অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

প্রশ্ন : ১৫৩। (ক) প্রকৃতিতে হাইড্রোজেন কিভাবে অবস্থান করে? (খ) হাইড্রোজেনের পরীক্ষাগার প্রস্তুত পদ্ধতি বর্ণনা কর। (গ) এই হাইড্রোজেনে কি কি অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে এবং কিভাবে উহাদের দূরীভূত করা হয়। (ঘ) হাইড্রোজেনের ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) যৌগাবস্থায় হাইড্রোজেন প্রকৃতিতে নানাভাবে সর্বত্র ছড়াইয়া আছে। ইহার প্রধান উৎস জল। ইহা ছাড়া অ্যাসিড, ক্ষার, তৈল এবং বিভিন্ন জৈব পদার্থের ইহা অন্যতম উপাদান। মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে এবং আগ্নেয়গিরি ও পেট্রোলিয়াম খনি হইতে নির্গত প্রাকৃতিক গ্যাসে হাইড্রোজেন অল্প পরিমাণে থাকে।

(খ) ১৫২ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(গ) ১৫২ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ঘ) **ব্যবহার**—হাইড্রোজেন (১) অ্যামোনিয়া, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, মিথাইল কোহল, কৃত্রিম পেট্রল প্রভৃতির পণ্য উৎপাদনে, (২) ডাল্‌ডা-জাতীয় কৃত্রিম ঘি উৎপাদনে, (৩) উড়োজাহাজ ও বেলুন উত্তোলনের জন্য, (৪) ধাতু গলানোর জন্য উচ্চ উষ্ণতাবিশিষ্ট অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা সৃষ্টি করিতে এবং (৫) পরীক্ষাগারে বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ১৫৪। (ক) জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে কিরূপে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়? (খ) হাইড্রোজেনের প্রধান ধর্ম-গুলি বর্ণনা কর।

উত্তর : (ক) ১৫২ নং প্রশ্নোত্তরের ক ও গ অংশ দেখ।

(খ) **ভৌত ধর্ম**—বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাস। ইহা জলে অদ্রবণীয়। ইহা সবচেয়ে হাল্‌কা পদার্থ, বায়ু অপেক্ষা 14·4 গুণ হাল্‌কা।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) হাইড্রোজেন দাহ্য গ্যাস কিন্তু দহন-সহায়ক নয়। ইহা বায়ু বা অক্সিজেনে নীলাভ শিখায় জ্বলে এবং জল উৎপন্ন করে: $2H_2+O_2=2H_2O$. হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ একটি বিস্ফোরক পদার্থ।

(ii) হাইড্রোজেন একটি বিজারক দ্রব্য। ইহা বিভিন্ন ধাতব অক্সাইডকে উত্তপ্ত অবস্থায় ধাতুতে বিজারিত করে এবং জল উৎপন্ন হয়: $CuO+H_2=Cu+H_2O$.

(iii) উপযুক্ত অবস্থায় হাইড্রোজেন প্রায় সমস্ত অধাতুর সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া উদ্বায়ী হাইড্রাইড যৌগ গঠন করে।

$H_2+Cl_2=2HCl$; $N_2+3H_2=2NH_3$; $2C+H_2=C_2H_2$

(iv) সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সহিত হাইড্রোজেন সরাসরি যুক্ত হইয়া কঠিন লবণ জাতীয় হাইড্রাইডে পরিণত হয়; ইহারা জলের সহিত বিক্রিয়ায় পুনরায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Ca+H_2=CaH_2 \; ; \; CaH_2+2H_2O=Ca(OH)_2+2H_2$$

(v) অসংপৃক্ত জৈব যৌগ উত্তপ্ত বিচূর্ণ নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দ্বারা সংপৃক্ত যৌগে পরিণত হয়; এই প্রক্রিয়াকে হাইড্রোজেনীকরণ বলে।

$H_2C=CH_2$ (ইথিলিন) $+H_2=H_3C.CH_3$ (ইথেন)

(vi) উচ্চ চাপ এবং উত্তপ্ত ZnO ও Cr_2O_3-এর উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইড সরাসরি যুক্ত হইয়া মিথাইল কোহলে পরিণত হয়।

$$CO+2H_2=CH_3OH$$

(vii) আয়রণ, প্যালেডিয়াম, প্লাটিনাম প্রভৃতি ধাতু বিচূর্ণ অবস্থায় অধিক পরিমাণ হাইড্রোজেন শোষণ করে কিন্তু উত্তপ্ত করিলেই হাইড্রোজেন পুনরায় নির্গত হয়। ধাতুর এই ক্রিয়াকে অন্তর্ধৃতি বলে।

প্রশ্ন : ১৫৫। জল হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদনের বিভিন্ন পদ্ধতি শর্ত ও সমীকরণসহ সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর : ভিন্ন ভিন্ন অবস্থায় বিভিন্ন ধাতু, অধাতু ও ধাতব হাইড্রাইড দ্বারা এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে জল হইতে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

(ক) **ধাতু দ্বারা :** (i) **সাধারণ উষ্ণতায়**—ক্ষার ধাতু সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি সাধারণ উষ্ণতায় জলকে তীব্রভাবে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে; কিন্তু উহাদের পারদ-সংকর ব্যবহারে বিক্রিয়ার গতি মন্দীভূত হয়। মৃৎ-ক্ষার ধাতু ক্যালসিয়াম, বেরিয়াম প্রভৃতি অতি ধীরে বিক্রিয়া করে।

$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2 \; ; \; Ca+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2$$

(ii) **স্ফুটনাঙ্কের উষ্ণতায়**—ম্যাগনেসিয়াম বা অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণ অথবা উহাদের পারদ-সংকর জলের সহিত ফুটাইলে জল বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$Mg.+H_2O=MgO+H_2 \; ; \; 2Al+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2$$

(iii) **স্টীম হইতে**—লোহিত-তপ্ত আয়রণ ও জিঙ্কের উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত করিলে ইহা বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2 \; ; \; Zn+H_2O=ZnO+H_2$$

(খ) **অধাতু দ্বারা :** শ্বেত-তপ্ত (1000°C) কার্বনের উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত করিলে CO ও H_2-এর মিশ্রণ উৎপন্ন হয়; ইহাকে জল-গ্যাস বলে। বস্ পদ্ধতিতে CO-কে স্টীম দ্বারা CO_2-এ জারিত করিয়া পরে অতিরিক্ত চাপে উহাকে জলে দ্রবীভূত করিলেই হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

$$C+H_2O=CO+H_2 \; ; \; CO+H_2O=CO_2+H_2$$

(গ) **ধাতব হাইড্রাইড দ্বারা ঃ** সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর হাইড্রাইড জলের সহিত মিশাইলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$NaH + H_2O = NaOH + H_2$$

(ঘ) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ঃ** জলকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন ও অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। [বিবরণের জন্য জলের আয়তনিক সংযুতি (১৭২ নং প্রশ্ন) দেখ।]

প্রশ্ন ঃ ১৫৬। পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও যে হাইড্রোজেন (i) দাহ্য গ্যাস কিন্তু দহন-সহায়ক নয়, (ii) বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা, (iii) একটি বিজারক দ্রব্য এবং অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া জল উৎপন্ন করে। (iv) বায়ুতে জ্বলিলে জল উৎপন্ন হয়।

উত্তর ঃ (i) **পরীক্ষা**—হাইড্রোজেন-ভর্তি একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া উহার মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করান হইল। দেখা যায়, পাটকাঠি নিভিয়া গিয়াছে কিন্তু গ্যাসজারের মুখে হাইড্রোজেন ঈষৎ নীল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। অতএব হাইড্রোজেন দাহ্য গ্যাস হইলেও অপরের দহন-কার্যে সহায়তা করে না।



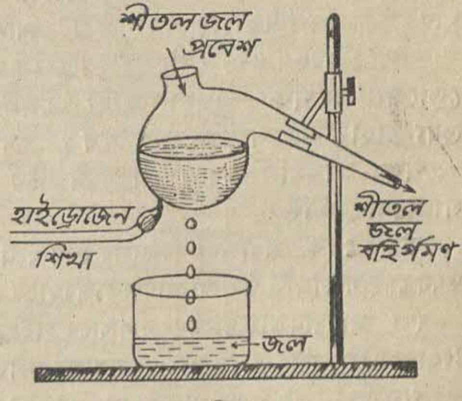
চিত্র ১৩

(ii) **পরীক্ষা**—হাইড্রোজেন-ভর্তি গ্যাসজারের মুখের উপর একটি খালি গ্যাসজার উপুড় করিয়া বসাইয়া ঢাকনা সরান হইল। কিছুক্ষণ পরে উপরের গ্যাসজারটি তুলিয়া নিম্নমুখ করিয়া উহাতে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করান হইল ; জারের মুখে গ্যাস ঈষৎ নীল শিখাসহ জ্বলে কিন্তু কাঠিটি নিভিয়া যায়। ইহাতে বুঝা যায়, নীচের গ্যাসজারের হাইড্রোজেন উপরের জারে চলিয়া গিয়াছে। নীচের গ্যাসজারে জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে উহা জ্বলিতে থাকে, কিন্তু গ্যাস জ্বলে না। সুতরাং ইহাতে হাইড্রোজেন নাই, বায়ু আছে। অতএব হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা।

(iii) **পরীক্ষা**—একটি শক্ত মোটা কাচ নলে কালো CuO লইয়া উহার এক প্রান্তে সাদা অনার্দ্র কপার সালফেট-পূর্ণ একটি বাল্‌ব-নল যুক্ত করা হইল। নলের খোলা মুখ দিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিয়া সেইসঙ্গে বুনসেন দীপের সাহায্যে নলের CuO তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হইল। উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেন CuO-স্থিত অক্সিজেনের সহিত সংযোগে জল উৎপন্ন করে এবং কালো CuO লাল ধাতব কপারে পরিণত হয়। জলীয় বাষ্প বাল্‌ব-নলে শীতল হইয়া তরলে পরিণত হয় এবং ইহা সাদা অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীলবর্ণ করে। ইহা দ্বারা জলের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়। পরীক্ষা শেষে মোটা নলের লাল পদার্থ লইয়া উহাতে অল্প HNO_3 মিশাইলে বাদামী বর্ণের গ্যাস নির্গত হয় এবং দ্রবণ নীলবর্ণ হয়। সুতরাং ইহা ধাতব কপার। অতএব হাইড্রোজেন CuO হইতে অক্সিজেন অপসারিত করিয়া উহাকে কপারে বিজারিত করিয়াছে এবং নিজে অক্সিজেন সংযোগে জারিত হইয়া

জল উৎপন্ন করিয়াছে : $CuO + H_2 = Cu + H_2O$. সুতরাং হাইড্রোজেন একটি বিজারক দ্রব্য এবং ইহা অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া জল উৎপন্ন করে।

(iv) **পরীক্ষা**—কিপ্-যন্ত্র হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন একটি অনার্দ্র $CaCl_2$-পূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া শুষ্ক করা হয়। এই বিশুষ্ক হাইড্রোজেন U-নলের সহিত যুক্ত একটি সরু নলের মুখ দিয়া বাহির হয়। সরু নলের মুখে অগ্নিসংযোগ করিলে হাইড্রোজেন ঈষৎ নীল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে এবং বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সহিত মিলিয়া জল উৎপন্ন করে। জ্বলন্ত শিখার উপর একটি বকযন্ত্র রাখিয়া উহার মধ্য দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করিলে ঠাণ্ডা বকযন্ত্রের গা হইতে ফোঁটা ফোঁটা বর্ণহীন তরল নীচে একটি পাত্রে জমা হয়। এই তরল পদার্থ সাদা অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীলবর্ণ করে। অতএব এই তরল পদার্থ জল এবং হাইড্রোজেন বায়ুতে জ্বলিবার ফলেই এই জল উৎপন্ন হইয়াছে।



চিত্র ১৪

প্রশ্ন : ১৫৭। (ক) বিভিন্ন ধাতুর ক্রিয়ায় কিভাবে জল হইতে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় সমীকরণসহ লিখ। (খ) অক্সিজেন ব্যবহার না করিয়া হাইড্রোজেনকে জলে পরিণত করিবার একটি উপায় লিখ। (গ) কোন রাসায়নিক দ্রব্য প্রয়োগ ব্যতিরেকে জল হইতে কিভাবে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা যায়। (ঘ) দেখাও যে জলে হাইড্রোজেন থাকে।

উত্তর : (ক) ১৫৫ নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(খ) উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইড যথা CuO, PbO প্রভৃতির উপর দিয়া হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিলে অক্সিজেন অপসারণের ফলে উহারা বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন সেই অপসারিত অক্সিজেনের সহিত সংযুক্তিতে জারিত হইয়া জল উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন বিজারক হিসাবে কাজ করে। একটি দহন-নলে কালো CuO রাখিয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উহাকে উত্তপ্ত করা হয় এবং নলের এক প্রান্ত দিয়া হাইড্রোজেন চালনা করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে লাল বর্ণের ধাতব কপার দহন-নলে পড়িয়া থাকে এবং নলের অপর প্রান্ত দিয়া স্টীম নির্গত হয়। ইহাকে শীতল করিলেই ঘনীভূত হইয়া জলে পরিণত হয় : $CuO + H_2 = Cu + H_2O$.

(গ) জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন নির্গত হয়। এক্ষেত্রে কোন রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহারের প্রয়োজন হয় না,

তড়িৎ-শক্তি জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। [বিবরণের জন্য জলের আয়তনিক সংযুতি (১৭২ নং প্রশ্ন) দেখ।]

(ঘ) জলকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে যে গ্যাস নির্গত হয় তাহা আগুনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে এবং অক্সিজেনে পোড়াইলে ঈষৎ নীল শিখায়হ জ্বলিয়া জল উৎপন্ন করে। অতএব ইহা হাইড্রোজেন। ইহাই প্রমাণ করে জলে হাইড্রোজেন বর্তমান।

প্রশ্ন : ১৫৮। (ক) মৌলের জায়মান অবস্থা কি ? (খ) সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা জায়মান হাইড্রোজেন অধিকতর শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে ? অথবা, মৌলের আণবিক অবস্থা অপেক্ষা জায়মান অবস্থা যে অধিকতর শক্তিশালী তাহা পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও।

উত্তর : (ক) রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে যখন যৌগ হইতে কোন মৌল উৎপন্ন হয় তখন সেই সদ্যোজাত তথা পারমাণবিক অবস্থাকে সেই মৌলের জায়মান অবস্থা বলে।

(খ) জায়মান হাইড্রোজেন যে সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য অর্থাৎ সক্রিয় তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করা যায়।

পরীক্ষা—একটি পরীক্ষানলে লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু ঐ পরীক্ষানলে কয়েকটি জিঙ্কের দানা যোগ করিলে অ্যাসিডের সংস্পর্শে উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন বেগুনী বর্ণের পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করে। $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10\,[H] = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O.$

অতএব বলা যায়, মৌলের আণবিক অবস্থা অপেক্ষা জায়মান অবস্থা অধিকতর শক্তিশালী।

প্রশ্ন : ১৫৯। (ক) কোন্ কোন্ ধাতু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপাদনে সক্ষম। বিক্রিয়ার শর্ত উল্লেখ কর। (খ) ধাতু দ্বারা হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে HNO_3 ব্যবহৃত হয় না কেন ? (গ) জিঙ্কের সাহায্যে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির সময় গাঢ় H_2SO_4 বা গাঢ় HCl ব্যবহার করা হয় না কেন ?

উত্তর : (ক) অ্যাসিড ও ধাতুর মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়; কিন্তু প্রকৃতপক্ষে কয়েকটি মাত্র ধাতু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে পারে। তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে যে সমস্ত ধাতু হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত উহারাই কেবলমাত্র অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদনে সক্ষম হয়। সেইজন্য K, Na, Ca, Mg, Al, Zn, Fe, Sn প্রভৃতি ধাতু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। অপরদিকে Cu, Ag, Au, Hg প্রভৃতি ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নীচে অবস্থিত বলিয়া ইহারা অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে পারে না।

Ca, Mg, Zn ও Fe শীতল ও লঘু HCl বা H_2SO_4-এর সহিত সহজেই

হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। অ্যালুমিনিয়াম মোটামুটি গাঢ় HCl-এ এবং টিন উত্তপ্ত গাঢ় অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন নির্গত করে।

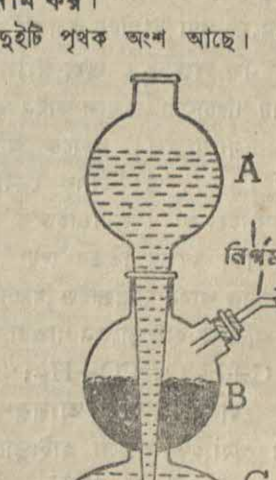
$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2\ ;\ Mg+2HCl=MgCl_2+H_2$$
$$Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2\ ;\ 2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2$$
$$Sn+2HCl=SnCl_2+H_2$$

(খ) নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ধাতুর বিক্রিয়ায় প্রথমে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। কিন্তু HNO_3 জারক দ্রব্য বলিয়া অতিরিক্ত অ্যাসিড সঙ্গে সঙ্গে জায়মান হাইড্রোজেনকে জারিত করিয়া জলে পরিণত করে; ফলে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইবার সুযোগ পায় না। সেইজন্য ধাতু দ্বারা হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে HNO_3 ব্যবহৃত হয় না। একমাত্র ম্যাগনেসিয়াম শীতল ও অতি লঘু HNO_3-এর সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, কারণ এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন জারিত হইবার পূর্বেই কিছু অংশ নির্গত হইয়া যাইতে পারে।

(গ) গাঢ় H_2SO_4 একটি জারক পদার্থ। সেইজন্য গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত জিঙ্কের বিক্রিয়ার সময় কিছু অ্যাসিড উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে জারিত করিয়া নিজে SO_2-এ বিজারিত হয়। এই কারণে গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহৃত হয় না। আবার HCl উদ্বায়ী বলিয়া গাঢ় HCl ব্যবহার করিলে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সহিত উহার ধোঁয়া মিশ্রিত থাকে; সেইজন্যই লঘু HCl সর্বদাই ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন: ১৬০। (ক) কিপ্-যন্ত্রের গঠন চিত্রসহ বর্ণনা কর। (খ) ইহার ব্যবহারে সুবিধা কি? (গ) কোন্ শ্রেণীর গ্যাস ইহাতে উৎপন্ন করা সম্ভব? এরূপ কয়েকটি গ্যাসের নাম কর।

উত্তর: (ক) কাচ নির্মিত কিপ্-যন্ত্রের দুইটি পৃথক অংশ আছে। উপরের অংশ A একটি দীর্ঘনাল যুক্ত গোলক। অপর অংশ B ও C দুইটি সংযুক্ত গোলক; C গোলকের তলদেশ সমতল। B গোলকে প্যাঁচকল যুক্ত একটি নির্গম-নল থাকে এবং C গোলকের প্রান্তদেশে ছিপি আঁটা নির্গম পথ থাকে। ইহার সাহায্যে কিপ্ যন্ত্রের অব্যবহৃত তরল প্রয়োজনবোধে বাহির করিয়া লওয়া হয়। A গোলকের দীর্ঘনাল B গোলকের মুখে বায়ুরুদ্ধভাবে বসে এবং উহার খোলা মুখ C গোলকের তলা পর্যন্ত পৌঁছায়।



চিত্র ১৫

হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুতির জন্য মধ্যেকার B গোলকের নির্গম-নল খুলিয়া উহাতে জিঙ্কের দানা লওয়া হয়। এইবার উপরের A গোলকে লঘু H_2SO_4 ঢালিলে উহা দীর্ঘনাল বাহিয়া নীচের C গোলকে আসে, C গোলকটি পূর্ণ করিয়া অ্যাসিড মধ্যেকার

B গোলকে প্রবেশ করিলে জিঙ্কের সংস্পর্শে আসিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। প্যাঁচকল খুলিয়া দিলে ঐ পথে গ্যাস বাহির হয়। প্রয়োজনশেষে প্যাঁচকলটি বন্ধ করিলে গ্যাসের চাপে অ্যাসিড জিঙ্ক হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া C গোলকে নামিয়া আসে এবং নল বাহিয়া উপরের গোলকে চলিয়া যায়। ফলে বিক্রিয়া বন্ধ হেতু আর হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় না।

(খ) উল্ফ বোতলের সাহায্যে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির প্রধান অসুবিধা এই যে বিক্রিয়ায় কোন একটি উপকরণ নিঃশেষ না হওয়া পর্যন্ত বিক্রিয়া চলিতে থাকে ; ইহাতে উপকরণেরও অপচয় ঘটে। কিন্তু কিপ্-যন্ত্রে প্রয়োজন অনুসারে ও নিয়মিত পরিমাণে হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়।

(গ) সাধারণ উষ্ণতায় অর্থাৎ উত্তাপ ব্যতিরেকে একটি কঠিন পদার্থ অপর একটি তরল পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যে সকল গ্যাস উৎপন্ন করে, কেবলমাত্র উহাদের প্রস্তুতির জন্য কিপ্-যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। হাইড্রোজেন (Zn ও লঘু H_2SO_4), কার্বন ডাই-অক্সাইড (মার্বেল ও লঘু HCl), হাইড্রোজেন সালফাইড (FeS ও লঘু H_2SO_4) এবং নাইট্রিক অক্সাইড (Cu ও লঘু HNO_3) প্রস্তুতিতে কিপ্-যন্ত্র ব্যবহার করা যায়।

প্রশ্ন : ১৬১। (ক) হাইড্রোজেনের কয়েকটি পণ্য-উৎপাদন পদ্ধতি সংক্ষেপে লিখ। (খ) ইহার ব্যবহারিক প্রয়োগ উল্লেখ কর। (গ) জল-গ্যাস কি ?

উত্তর : (ক) সাধারণতঃ বস্ পদ্ধতি, লেন পদ্ধতি এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা হাইড্রোজেনের পণ্য উৎপাদন করা হয় :—

(১) **বস্ পদ্ধতি : জল-গ্যাস হইতে**—শ্বেত-তপ্ত (1000°C) কোকের উপর দিয়া স্টীম পরিচালনা করিলে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ পাওয়া যায়, ইহাকে জল-গ্যাস বলে। ইহাকে অতিরিক্ত স্টীমের সহিত মিশাইয়া 450°C উষ্ণতায় অনুঘটক Fe_2O_3 ও উদ্দীপক ক্রোমিক অক্সাইড Cr_2O_3-এর মিশ্রণের উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়া কার্বন মনোক্সাইডকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয়। ইহা 25 বায়ু-চাপে জলের ভিতর দিয়া চালনা করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত হয়। সামান্য কার্বন মনোক্সাইড মিশ্রিত থাকিলে কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে উহাকে দ্রবীভূত করিলেই হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

$$C+H_2O \rightleftharpoons CO+H_2 \; ; \; (CO+H_2)+H_2O \rightleftharpoons CO_2+2H_2$$

(২) **লেন পদ্ধতি : আয়রণ ও স্টীম হইতে**—উত্তপ্ত (1000°C) আয়রণের উপর স্টীম প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন ও ফেরোসো-ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় : $3Fe+4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4+4H_2$. উৎপন্ন আয়রণ অক্সাইডকে জল-গ্যাস দ্বারা আয়রণে বিজারিত করিয়া পুনঃ পুনঃ ব্যবহার করা যায়। এইভাবে পর্যায়ক্রমে উত্তপ্ত সচ্ছিদ্র আয়রণের উপর স্টীম ও জল-গ্যাস পরিচালনা করিয়া হাইড্রোজেনের পণ্য উৎপাদন করা হয়। $Fe_3O_4+2(H_2+CO)=3Fe+2H_2O+2CO_2$.

(৩) **জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** বিশুদ্ধ জল মন্দ তড়িৎ-পরিবাহী। সেইজন্য 20% কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণ লৌহ-নির্মিত চৌবাচ্চায় লইয়া উহাকে লৌহপাত ক্যাথোড ও নিকেল-প্রলিপ্ত লৌহপাত অ্যানোড পর্যায়ক্রমে ডুবাইয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন নির্গত হয়। এইভাবে উৎপন্ন হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ (99.9%)।

(খ) ১৫৩ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(গ) সম-আয়তন হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণকে জল-গ্যাস বলে ; ইহাতে সর্বদাই অল্প পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত থাকে। সাধারণতঃ শ্বেত-তপ্ত (1000°C) কোকের উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত করিলে জল-গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$C+H_2O=CO+H_2.$$

প্রশ্ন : ১৬২। উৎস অনুসারে প্রাকৃতিক জলের শ্রেণীবিভাগ কর। বিভিন্ন শ্রেণীর প্রাকৃতিক জলে কি কি অশুদ্ধি থাকে উল্লেখ কর।

উত্তর : উৎস অনুযায়ী প্রাকৃতিক জলকে চারিভাগে বিভক্ত করা হয়। যথা—

(১) **বৃষ্টি-জল**—প্রতিনিয়ত সমুদ্র, নদ-নদী, জলাশয় প্রভৃতি হইতে জল বাষ্পাকারে উঠিয়া বায়ুমণ্ডলে মিশিয়া যায় ; ইহাই ঠাণ্ডা হইলে বৃষ্টি হয়। অতএব ইহাকে পাতিত জল বলা চলে। কিন্তু বায়ুমণ্ডল অতিক্রম করিয়া ভূ-পৃষ্ঠে নামিবার সময় ইহাতে সামান্য অ্যামোনিয়া, নাইট্রাস অক্সাইড প্রভৃতি গ্যাস এবং সূক্ষ্ম ধূলিকণা মিশ্রিত হয়। তথাপি প্রাকৃতিক জলের মধ্যে বৃষ্টির জল সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ হয়। ইহা মৃদু জল।

(২) **নদী-জল**—সাধারণতঃ বৃষ্টির জল ও পাহাড়ের বরফ-গলা জল হইতে নদ-নদীর সৃষ্টি হয়। এই জল প্রবাহিত হইবার সময় মাটি ও প্রস্তরাদি হইতে নানাবিধ লবণ জাতীয় পদার্থ দ্রবীভূত করে ; এমন-কি মাটি, বালি প্রভৃতি বহু অদ্রবণীয় পদার্থও ইহাতে ভাসমান থাকে। ইহা সাধারণতঃ মৃদু জল।

(৩) **প্রস্রবণ-জল**—ভূপৃষ্ঠের অভ্যন্তরস্থ সঞ্চিত জল বিভিন্ন ছিদ্রপথে উপরে উঠিয়া প্রস্রবণের সৃষ্টি করে। সাধারণতঃ বৃষ্টির জল ভূ-পৃষ্ঠের প্রবেশ্য স্তরের ক্ষুদ্র ছিদ্রপথে চুয়াইয়া অপ্রবেশ্য স্তরে বাধা পাইয়া অধিক চাপে সেখানে সঞ্চিত হয় ; প্রবেশ্য স্তরের ভিতর দিয়া যাইবার সময় বালি প্রভৃতি অদ্রবণীয় পদার্থ দূরীভূত হওয়ার ফলে উহা স্বচ্ছ হয় কিন্তু উহাতে নানাবিধ লবণ জাতীয় ও অন্যান্য পদার্থ দ্রবীভূত থাকে। এই জল পানীয় জল হিসাবে ব্যবহার করা যায়। কূপ বা নলকূপের জলও অনেকটা প্রস্রবণ জলের মত। ইহা সাধারণতঃ খর জল।

প্রস্রবণ জলে অতিরিক্ত লবণ জাতীয় পদার্থ দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে খনিজ জল বলা হয়। বিভিন্ন পদার্থ দ্রবীভূত থাকার ফলে এই জলের স্বাদ এবং প্রকৃতিও ভিন্ন হয়। অনেক সময় এই জলে কার্বন ডাই-অক্সাইড, সোডিয়াম বা লিথিয়াম বাই-কার্বনেট, সোডিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম সালফেট, হাইড্রোজেন সালফাইড, লৌহঘটিত লবণ প্রভৃতি দ্রবীভূত থাকে। বিভিন্ন রোগ নিরাময়ে এই জল অনেক ক্ষেত্রে উপকারে লাগে।

(৪) **সমুদ্র-জল**—নদী বাহিত সমস্ত দ্রবীভূত অপদ্রব্য সমুদ্রে আসিয়া পড়ে বলিয়া ইহাতে দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ সর্বাধিক (গড়ে শতকরা 3·6 ভাগ); তন্মধ্যে শতকরা 2·6 ভাগ খাদ্যলবণ থাকে। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব সচরাচর 1·03 হয়। অত্যধিক লবণাক্ত বলিয়াই ইহা খর জল এবং পানের অযোগ্য। ইহা সামান্য ক্ষারীয় হয়।

প্রশ্ন : ১৬৩। (ক) প্রাকৃতিক জলে কি কি ধরণের অশুদ্ধি থাকে? উহাদের অস্তিত্ব কিভাবে প্রমাণ করা যায়? (খ) প্রাকৃতিক জল হইতে কিভাবে পরিবাহিতা তথা রাসায়নিকরূপে বিশুদ্ধ জল পাওয়া যায়? (গ) পাতিত জল কি?

উত্তর : (ক) প্রাকৃতিক জলে (i) অদ্রাব্য ও প্রলম্বিত যথা কাদা, বালি ও উদ্ভিজ্জ পদার্থ; (ii) দ্রাব্য উদ্বায়ী যথা বায়ু, কার্বন ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড প্রভৃতি এবং (iii) দ্রাব্য অনুদ্বায়ী যথা Na, K, Ca, Mg, Fe প্রভৃতি ধাতুর লবণ অশুদ্ধিরূপে থাকে।

অস্তিত্বের পরীক্ষা—(i) একটি বিকারে জল রাখিলে যদি উহা ঘোলাটে দেখায় তবে উহাতে অদ্রাব্য ও প্রলম্বিত অশুদ্ধি আছে প্রমাণিত হয়।

(ii) একটি বিকারে জল লইয়া উহার মধ্যে একটি ফানেল উপুড় করিয়া বসান হয় যেন ফানেলটি জলে সম্পূর্ণ ডুবান থাকে। অতঃপর ফানেলের নলের উপর একটি জল-পূর্ণ পরীক্ষানল উপুড় করিয়া বসান হয়। এইবার বিকারটি তারজালির উপর বসাইয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যায়, বুদ্‌বুদ আকারে গ্যাস উঠিয়া পরীক্ষানলে সঞ্চিত হয়। ইহাই প্রমাণ করে জলে দ্রাব্য উদ্বায়ী পদার্থ বায়ু আছে।

(iii) প্রাকৃতিক জল পরিস্রুত করিয়া অল্প পরিমাণ স্বচ্ছ জল একটি পোর্সিলেন খর্পরে লইয়া উত্তাপ প্রয়োগে বাষ্পীভূত করিলে দেখা যায়, খর্পরে কিছু কঠিন পদার্থ অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে জলে দ্রাব্য অনুদ্বায়ী লবণ জাতীয় পদার্থ আছে।

(খ) প্রাকৃতিক জলকে কিছুক্ষণ স্থিরভাবে রাখিয়া দিলে ভারী, অদ্রাব্য পদার্থগুলি নীচে থিতাইয়া পড়ে। উপরের জল লইয়া পরিস্রুত করিলে ইহাতে আর অদ্রাব্য ও প্রলম্বিত অশুদ্ধি থাকে না। এই জল পাতন-যন্ত্রে লইয়া ফুটাইলে জলীয় বাষ্প উত্থিত হয়; ইহা শীতল হইয়া গ্রাহক পাত্রে জলরূপে সঞ্চিত হয়। দ্রাব্য অনুদ্বায়ী অশুদ্ধি পাতন-পাত্রে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে। ইহাই বিশুদ্ধ পাতিত জল।

এই পাতিত জলে অ্যামোনিয়া মিশ্রিত থাকে। ফুটন্ত পাতিত জলের ভিতর দিয়া ক্লোরিন চালনা করিলে অ্যামোনিয়া দূরীভূত হয়; পরে অতিরিক্ত ক্লোরিন স্ফুটনের সাহায্যে বাষ্পীভূত করা হয়। এই জলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ও কষ্টিক পটাস দ্রবণ যোগ করিয়া ফুটাইলে জৈব অশুদ্ধি জারিত হয়। ইহাকে পুনরায় পাতিত করিলে যে বিশুদ্ধ জল পাওয়া যায় তাহাকে পরিবাহিতা তথা রাসায়নিকরূপে বিশুদ্ধ জল বলে।

(গ) উপরের খ অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ১৬৪। (ক) পানীয় জলের কি কি গুণ বা বৈশিষ্ট্য থাকা প্রয়োজন? (খ) শহরাঞ্চলে কিভাবে প্রাকৃতিক জল বিশুদ্ধ করিয়া পানীয় জলের উপযোগী করা হয়। অথবা, **প্রাকৃতিক জল হইতে কিভাবে পানীয় জল প্রস্তুত করা হয়। (গ) কি কি প্রয়োজনে জল ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর : (ক) পানীয় জল স্বাস্থ্যের পক্ষে নিরাপদ হওয়া বাঞ্ছনীয়। ইহাতে কোন রকম রোগবীজাণু, ভাসমান পদার্থ বা অতিরিক্ত পরিমাণ লবণ থাকিবে না। তদুপরি পানীয় জল সুপেয়, সুস্বাদু ও তৃপ্তিকর হইবে ; এইজন্য জলে অল্প ধাতব লবণ, অক্সিজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকা চাই। কিন্তু লেড, কপার প্রভৃতি বিষাক্ত ধাতুর লবণ বা অ্যামোনিয়া পানীয় জলে থাকা উচিত নয়।

(খ) শহরাঞ্চলে জলের চাহিদা পূরণের জন্য সন্নিহিত কোন নদী, খাল বা হ্রদের জল বিশুদ্ধ করিয়া সরবরাহ করা হয়। উৎস হইতে পাম্পের সাহায্যে জল বড় বড় জলাশয়ে রাখা হয় ; এইখানে ভাসমান অদ্রবণীয় পদার্থগুলি আস্রাবণের ফলে পাত্রের তলায় থিতাইয়া পড়ে। পরে সেই জল অপর একটি জলাশয়ে লইয়া ফট্‌কিরি যোগ করিলে ভাসমান সূক্ষ্মকণা, কিছু ব্যাকটেরিয়া এবং অন্যান্য অপদ্রব্য আস্রাবিত হইয়া নীচে জমা হয় ; ফট্‌কিরি তঞ্চনে সাহায্য করে। এই আংশিক বিশুদ্ধ জলকে একটি পরিস্রুতি আধারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়। উক্ত আধারের প্রথম স্তরে মিহি বালি, দ্বিতীয় স্তরে মোটা বালি এবং তৃতীয় স্তরে পাথর নুড়ি থাকে ; পরিশেষে এই পরিস্রুত জলকে ক্লোরিন, অতি-বেগুনী রশ্মি অথবা ওজোন সমন্বিত বায়ু প্রয়োগে সম্পূর্ণরূপে জীবাণুমুক্ত করিয়া পাম্পের সাহায্যে একটি সু-উচ্চ জলাধারে জমা করা হয় এবং সেখান হইতে পাইপের মধ্য দিয়া জল সরবরাহ করা হয়।

(গ) **ব্যবহার**—জল প্রধানত: (i) পানীয় রূপে, (ii) কল-কারখানার বয়লারে, (iii) গৃহকর্মে ও ধোলাইয়ের কাজে, (iv) বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে, (v) দ্রাবকরূপে, (vi) ফটোগ্রাফি ও ঔষধাদি প্রস্তুতিতে এবং (vii) কৃষিক্ষেত্রে সেচের জন্য ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ১৬৫। (ক) খর জল ও মৃদু জল বলিতে কি বুঝ? (খ) জলের খরতার কারণ কি? (গ) কোন্ কোন্ ক্ষেত্রে খর জল ব্যবহার করা অনুচিত? অথবা, **মৃদু জল ও খর জলের তুলনামূলক উপযোগিতা উল্লেখ কর।**

উত্তর : (ক) দ্রবীভূত পদার্থের প্রকৃতি অনুযায়ী প্রাকৃতিক জল মৃদু ও খর জল এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত। যে জলে সাবান সহজে ফেনা উৎপন্ন করে তাহাকে মৃদু জল বলে এবং যে জলে সাবান সহজে ফেনা উৎপন্ন করে না কিন্তু অনেক সাবান ক্ষয় হইবার পর ফেনা উৎপন্ন হয় তাহাকে খর জল বলে। নদী, পুকুর, পাতকূয়া ও বৃষ্টির জল মৃদু জল এবং গভীর নলকূপ, প্রস্রবণ ও সমুদ্রের জল খর জল।

(খ) জলে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রণের বাই-কার্বনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ দ্রবীভূত থাকিলে জল খরতা প্রাপ্ত হয়।

(গ) কল-কারখানার বয়লারে, গৃহকার্যে ও ধোলাইয়ের কাজে মৃদু জল ব্যবহার

করা উচিত। কারণ জল খর হইলে (*i*) বয়লারের গায়ে ক্যালসিয়াম লবণের শক্ত ও কুপরিবাহী আস্তরণ পড়ে, ইহাতে জ্বালানী খরচ বেশী পড়ে ও বয়লার নষ্ট হয়; এমন-কি বয়লার ফাটিয়া দুর্ঘটনা ঘটিবার সম্ভাবনা থাকে। (*ii*) খাদ্যদ্রব্য সহজে সিদ্ধ হয় না। (*iii*) ধোলাইয়ের কাজে অতিরিক্ত সাবান লাগে, এমন-কি জলে দ্রবীভূত আয়রণ লবণ থাকিলে কাপড়ে হলুদ দাগ পড়ে। কিন্তু মৃদু জল ব্যবহারে এরূপ কোন অসুবিধা দেখা যায় না। আবার পানীয় জল অল্প পরিমাণে খর হওয়া বাঞ্ছনীয়; কারণ খর জলে দ্রবীভূত ধাতব লবণগুলি দেহ-গঠনে বিশেষ উপযোগী।

প্রশ্ন: ১৬৬। (ক) জলের খরতার শ্রেণীবিভাগ কর। (খ) বিভিন্ন শ্রেণীর খরতার কারণ কি? (গ) জলের খরতার পরিমাণ কিভাবে প্রকাশ করা হয়? (ঘ) লণ্ড্রী বা বয়লারে খর জল ব্যবহার করিলে কি কি অসুবিধা দেখা দেয় উল্লেখ কর।

উত্তর: (ক) প্রাকৃতিক জলের খরতা দুই প্রকারের হয়; যথা—অস্থায়ী খর জল ও স্থায়ী খর জল।

(খ) খর জলে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রণের বাই-কার্বনেট লবণ দ্রবীভূত থাকিলে সহজে স্ফুটন পদ্ধতিতে সেই জলের খরতা দূর করা সম্ভব বলিয়া এই জাতীয় খরতাকে অস্থায়ী খরতা বলে। কিন্তু খর জলে উহাদের ক্লোরাইড বা সালফেট লবণ দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে স্থায়ী খরতা বলে কারণ তাহা স্ফুটনের ন্যায় সহজ উপায়ে দূর করা সম্ভব নয়। অতএব জলের খরতা বলিতে অস্থায়ী ও স্থায়ী খরতার সমষ্টি বুঝায়।

(গ) বিভিন্ন প্রাকৃতিক জলের খরতার পরিমাণ বিভিন্ন থাকে। অধঃক্ষিপ্ত $CaCO_3$-এর পরিমাণ দ্বারা জলের খরতা প্রকাশ করা হয়। ওজন হিসাবে প্রতি দশ লক্ষ ভাগ জলে যত ভাগ $CaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয় তাহাই সেই জলের খরতার মাত্রা নির্দেশ করে। যেমন কোন জলের খরতা 30 হইলে বুঝায় সেই জলের প্রতি দশ লক্ষ ভাগে 30 ভাগ $CaCO_3$ আছে। জলে ক্যালসিয়াম লবণ না থাকিলে অন্যান্য লবণজনিত খরতা তুল্যাঙ্ক পরিমাণ $CaCO_3$ দ্বারা স্থির করা হয়।

(ঘ) ১৬৫ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন: ১৬৭। জলের খরতা দূর করিবার পদ্ধতিগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়াসহ আলোচনা কর। অথবা, খর জল মৃদু করিবার উপায়গুলি বর্ণনা কর।

উত্তর: খর জলে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রণ লবণগুলিকে রাসায়নিক উপায়ে অদ্রাব্য লবণরূপে অধঃক্ষেপ ফেলিয়া উহা পরিস্রাবণের সাহায্যে পৃথক করিলেই মৃদু জলে পরিণত হয়। ইহাই খরতা দূরীকরণের নীতি।

অস্থায়ী খরতা দূরীকরণ: (১) **স্ফুটন পদ্ধতি**—অস্থায়ী খর জলকে ফুটাইলে উহাতে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রণের বাই-কার্বনেট লবণ

উত্তাপে ভাঙ্গিয়া অদ্রবণীয় কার্বনেট লবণে পরিণত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। ফলে অস্থায়ী খর জল মৃদু জলে পরিণত হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$
$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2$$
$$Fe(HCO_3)_2 = FeCO_3 + H_2O + CO_2$$

সদ্য অধঃক্ষিপ্ত $FeCO_3$ পরে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া অদ্রবণীয় লালাভ বাদামী বর্ণের $Fe(OH)_3$-এ পরিণত হয়।

$$4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2$$

(ii) **ক্লার্ক পদ্ধতি**—অস্থায়ী খর জলে প্রয়োজনীয় অনুপাতে চুন বা কলিচুন মিশাইলে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রণ বাই-কার্বনেট অদ্রবণীয় ধাতব কার্বনেটে পরিণত হয়; উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট শেষ পর্যন্ত অদ্রাব্য $Mg(OH)_2$-রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = MgCO_3 + CaCO_3 + 2H_2O$$
$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaCO_3$$

স্থায়ী খরতা দূরীকরণ : (i) **সোডা পদ্ধতি**—স্থায়ী খর জলের সহিত পর্যাপ্ত পরিমাণ সোডা (সোডিয়াম কার্বনেট) মিশাইয়া ফুটাইলে জলে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের ক্লোরাইড ও সালফেট লবণগুলি উহাদের অদ্রবণীয় কার্বনেটে পরিণত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরিস্রাবণের সাহায্যে অধঃক্ষেপ পৃথক করিলে মৃদু জল পাওয়া যায়।

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$$
$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + Na_2SO_4$$

(ii) **পারমিউটিট পদ্ধতি**—এই আধুনিক পদ্ধতিতে একই সঙ্গে জলের অস্থায়ী ও স্থায়ী খরতা দূর করা যায়। কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটকে পারমিউটিট বলে। ইহা খনিজ জিয়োলাইট-এর সমতুল। পারমিউটিট স্তরের ভিতর দিয়া খর জল পরিস্রুত করিলে জলে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রণ লবণ পারমিউটিটের সহিত বিপরিবর্ত বিক্রিয়ায় অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রণ পারমিউটিট সৃষ্টি করিয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। ফলে পরিস্রুত জলে সোডিয়াম লবণ থাকে এবং খর জল মৃদু জলে পরিণত হয়।

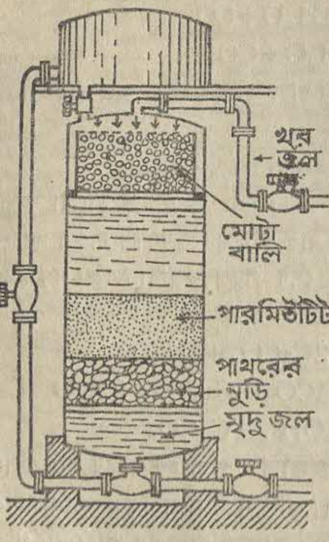
$$2Na\text{-পারমিউটিট} + CaCl_2 = Ca\text{-পারমিউটিট} + 2NaCl$$
$$2Na\text{-পারমিউটিট} + MgSO_4 = Mg\text{-পারমিউটিট} + Na_2SO_4$$
$$2Na\text{-পারমিউটিট} + Fe(HCO_3)_2 = Fe\text{-পারমিউটিট} + 2NaHCO_3$$

ইষ্টক বা লৌহনির্মিত একটি উচ্চ গোলাকার প্রকোষ্ঠের মধ্যে পারমিউটিট স্তর রাখা হয়; ইহার উপরে ও নীচে অল্প পুরু পাথরের নুড়ি বা মোটা বালির স্তর থাকে। উপর হইতে খর জল ইহাতে প্রবেশ করে এবং পারমিউটিট স্তরের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় উপরোক্ত বিক্রিয়ার ফলে মৃদু জলে পরিণত হইয়া নীচে সঞ্চিত হয়।

কয়েকদিন ব্যবহারের পর পারমিউটিটের সমস্ত সোডিয়াম জলের ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রণ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে উহার খরতা দূরীকরণের ক্ষমতা লোপ পায়। তখন 10% খাদ্যলবণের জলীয় দ্রবণ নীচ হইতে উপরের দিকে কয়েকবার প্রবাহিত করিলে উহা আবার সোডিয়াম পারমিউটিটে পরিণত হয় এবং পুনরায় সক্রিয় হইয়া উঠে।

Ca-পারমিউটিট + 2NaCl =

2Na-পারমিউটিট + $CaCl_2$



চিত্র ১৭

বর্তমানে কতকগুলি রাসায়নিক পদার্থ মিশ্রিত করিয়া খর জলকে মৃদু জলে পরিণত করা হয়। ইহাদের মধ্যে সোডিয়াম হেক্সা মেটা-ফসফেট $(NaPO_3)_6$ বা ক্যাল্‌গন উল্লেখযোগ্য। ক্যাল্‌গন খর জলে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণগুলিকে দ্রাব্য জটিল লবণে পরিণত করে; ফলে জলের খরতা দূর হয়। ইহাতে কোনরূপ অধঃক্ষেপ পড়ে না।

প্রশ্ন : ১৬৮। পারমিউটিট পদ্ধতির সাহায্যে জল মৃদুকরণের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর : ১৬৭ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ১৬৯। (ক) একটি বর্ণহীন তরল জল কিনা কিভাবে পরীক্ষা করিবে? (খ) দুইটি ফ্লাস্কের একটিতে কলের জল এবং অপরটিতে পাতিত জল আছে। কোনটিতে কি জল আছে তাহা কিরূপে বুঝিবে? (গ) ফ্লাস্কে জল লইয়া বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করিলে ফ্লাস্কের বাহির তল প্রথমে আর্দ্র লাগে কেন? তপ্ত প্লেটে ফ্লাস্কটিকে তড়িতের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে এরূপ আর্দ্র মনে হইবে কি?

উত্তর : (ক) (i) সাদা অনার্দ্র কপার সালফেট গুঁড়ায় কয়েক ফোঁটা তরল পদার্থ মিশান হইল। সাদা কপার সালফেট নীলবর্ণ হইলে ঐ তরল পদার্থটি জল। (ii) পোড়াচুনের উপর তরল পদার্থটি ছড়াইয়া দেওয়া হইল। প্রচুর তাপ সৃষ্টি করিয়া হিস্ হিস্ শব্দ সহ চুন গুঁড়া গুঁড়া হইলে তরল পদার্থ জল বুঝায়। (iii) সাধারণ বায়ু-চাপে বিশুদ্ধ তরলের হিমাঙ্ক 0°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 100°C হইলে উহা জল।

(খ) (i) ওয়াচ-কাচে অল্প জল লইয়া উত্তাপ প্রয়োগে বাষ্পীভূত করা হইল; অবশেষ থাকিলে কলের জল কিন্তু অবশেষ না থাকিলে পাতিত জল বুঝায়। (ii) অল্প

পরিমাণ জল পরীক্ষানলে লইয়া পৃথকভাবে উহাতে লঘু HNO_3 ও $AgNO_3$ দ্রবণ, লঘু HCl ও $BaCl_2$ দ্রবণ এবং লঘু অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ মিশান হইল। প্রত্যেক ক্ষেত্রে সাদা ঘোলাটে ভাব আসিলে কলের জল বুঝায়; নতুবা উহা পাতিত জল। কারণ উপরোক্ত পরীক্ষাগুলি কলের জলে যথাক্রমে দ্রবণীয় ক্লোরাইড, সালফেট ও ক্যালসিয়ামের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

(গ) সাধারণতঃ বুনসেন দীপে কোল-গ্যাস জ্বালাইয়া তাপ সৃষ্টি করা হয়। কোল গ্যাসে হাইড্রোজেন, বিভিন্ন গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন প্রভৃতি থাকে। ইহাদের মধ্যস্থিত হাইড্রোজেন অক্সিজেনে দহনের ফলে জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে; এই জলীয় বাষ্প প্রথমে শীতল জল-পূর্ণ ফ্লাস্কের বাহির তলের সংস্পর্শে আসিয়া তরল জলরূপে ঘনীভূত হয় বলিয়া আর্দ্র লাগে। কিন্তু কিছুক্ষণ পরে উত্তাপ বাড়িলে ফ্লাস্কের বাহির তল শুষ্ক হইয়া যায়। $2H_2+O_2=2H_2O$; $CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$.

কিন্তু তড়িতের সাহায্যে তপ্ত প্লেটে ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করিলে এরূপ কোন জল উৎপাদনের সম্ভাবনা থাকে না বলিয়া ইহা আর্দ্র হয় না।

প্রশ্ন : ১৭০। (ক) কি কি অবস্থায় বিভিন্ন ধাতু জলের সহিত বিক্রিয়া করে বর্ণনা কর। অথবা, **Na, K, Ca, Mg, Zn, Al ও Fe জলের সহিত কোন্ অবস্থায় বিক্রিয়া করে এবং উৎপন্ন পদার্থগুলির নাম কর। (খ) ধাতব ও অধাতব অক্সাইডের উপর জলের ক্রিয়া কি?**

উত্তর : (ক) ১৫৫ নং প্রশ্নোত্তরের (ক) অংশ দেখ।

(খ) ধাতু এবং অধাতুর সহিত অক্সিজেনের সংযোগে গঠিত দ্বি-মৌল যৌগকে যথাক্রমে ধাতব অক্সাইড এবং অধাতব অক্সাইড বলে।

(i) **ধাতব অক্সাইডের উপর জলের ক্রিয়া**—সোডিয়াম অক্সাইড Na_2O, পটাসিয়াম অক্সাইড K_2O ও ক্যালসিয়াম অক্সাইড CaO জলে দ্রবণীয়। এই ধাতব অক্সাইডগুলি জলের সহিত বিক্রিয়ায় উহাদের হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়। ইহারা ক্ষারজাতীয় পদার্থ; ইহাদের জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীলবর্ণ করে।

$$Na_2O+H_2O=2NaOH \; ; \; CaO+H_2O=Ca(OH)_2$$

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড, MgO জলে অল্প দ্রবণীয়; ইহাতে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়; $MgO+H_2O=Mg(OH)_2$. এই দ্রবণ মৃদু ক্ষারধর্মী। কতকগুলি ধাতব অক্সাইড যথা কপার অক্সাইড CuO, ফেরিক অক্সাইড প্রভৃতি জলে অদ্রবণীয়।

(iii) **অধাতব অক্সাইডের উপর জলের ক্রিয়া**—কার্বন ডাই-অক্সাইড CO_2, সালফার ডাই-অক্সাইড SO_2, নাইট্রোজেন ডাই ও পেণ্টক্সাইড NO_2 ও N_2O_5, ফসফরাস ট্রাই ও পেণ্টক্সাইড P_2O_3 ও P_2O_5 প্রভৃতি অধাতব অক্সাইডগুলি জলে দ্রবণীয়। ইহারা জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিড উৎপন্ন করে; ফলে জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস লাল করে।

$$CO_2+H_2O=H_2CO_3 \; ; \; SO_2+H_2O=H_2SO_3$$

$$N_2O_5+H_2O=2HNO_3 \; ; \; P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$$

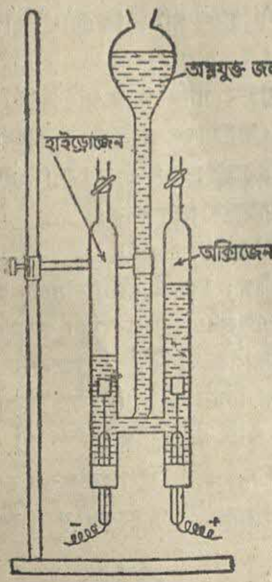
কতকগুলি অধাতব অক্সাইড যথা কার্বন মনোক্সাইড CO, নাইট্রাস অক্সাইড N_2O, নাইট্রিক অক্সাইড NO প্রভৃতি জলে প্রায় অদ্রবণীয়। ইহারা প্রশম অক্সাইড।

প্রশ্ন : ১৭১। জল যে একটি যৌগিক পদার্থ তাহা কিরূপে প্রমাণ করা যায়?

উত্তর : জলে যে যৌগিক পদার্থ তাহা নিম্নলিখিত যুক্তিগুলির সাহায্যে প্রমাণ করা যায় :—(১) যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত সর্বদা সুনির্দিষ্ট থাকে। জলের দুই উপাদান হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরিমাণও একেবারে নির্দিষ্ট। যেমন বিশুদ্ধ জলে ওজন হিসাবে 1 ভাগ H_2 ও 8 ভাগ O_2 এবং আয়তন হিসাবে 2 ভাগ H_2 ও 1 ভাগ O_2 বর্তমান। (২) যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলির নিজ নিজ ধর্ম লোপ পায় এবং নিজস্ব নূতন ধর্মের আবির্ভাব হয়। জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের নিজ নিজ ধর্মের বিলুপ্তি ঘটিয়া নূতন ধর্মের উৎপত্তি হয়। (৩) 2 আয়তন H_2 ও 1 আয়তন O_2-এর সংযোগে জল উৎপন্নকালে তাপের উদ্ভব হয় এবং আয়তনের পরিবর্তন ঘটে। (৪) কোন সহজ ভৌত উপায়ে জল হইতে হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন পৃথক করা যায় না।

প্রশ্ন : ১৭২। জলের আয়তনিক সংযুতি কিরূপে নির্ণয় করা হয়? অথবা, প্রমাণ কর যে জল দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেন লইয়া গঠিত।

উত্তর : হফ্‌ম্যানের ভল্টামিটার যন্ত্রে বৈশ্লেষিক পদ্ধতিতে তড়িতের সাহায্যে জল বিশ্লিষ্ট করিয়া উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ও অক্সিজেনের আয়তন হইতে জলের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় করা হয়।



চিত্র ১৮

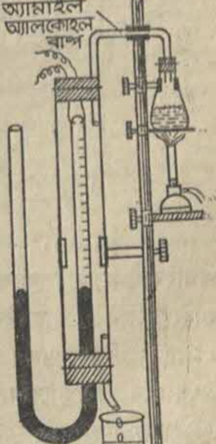
এই ভল্টামিটারে তিনটি কাচনল পরস্পর সংযুক্ত থাকে—মধ্যেরটি ফানেলযুক্ত এবং ইহা চৌবাচ্চার কাজ করে; অপর দুইটি নল অংশাঙ্কিত এবং উপরের দিকে স্টপকক যুক্ত ও নীচে প্লাটিনামের পাতলা পাত থাকে। ফানেলযুক্ত নলটির মধ্য দিয়া লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত বিশুদ্ধ জল ঢালিয়া অংশাঙ্কিত নল দুইটি সম্পূর্ণরূপে জল দ্বারা ভর্তি করা হয় এবং প্লাটিনাম পাত দুইটিকে বাহির হইতে ব্যাটারীর ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত করা হয়। তড়িৎ প্রবাহ চালাইলে পাত্রস্থিত জল বিশ্লিষ্ট হয় এবং জলের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উপাদান দুইটি বুদ্‌বুদ্ সহযোগে যথাক্রমে ক্যাথোডে ও অ্যানোডে জল অপসারণ করিয়া অংশাঙ্কিত

নলে জমা হয়। দেখা যায়, ক্যাথোডে সঞ্চিত গ্যাসের আয়তন অ্যানোডে সঞ্চিত গ্যাসের আয়তনের দ্বিগুণ। ক্যাথোডে সঞ্চিত গ্যাসের মধ্যে একটি জলন্ত পাটকাঠি ঢুকাইলে কাঠিটি নিভিয়া যায়, কিন্তু গ্যাস নীলাভ শিখায় জলিতে থাকে। অতএব ইহা হাইড্রোজেন। অপরদিকে, অ্যানোডে সঞ্চিত গ্যাসের মধ্যে একটি জলন্ত পাটকাঠি ঢুকাইলে কাঠি উজ্জল শিখায় জলিতে থাকে এবং এই গ্যাস নাইট্রিক অক্সাইডের সংস্পর্শে বাদামী বর্ণের গ্যাস উৎপন্ন করে। অতএব ইহা অক্সিজেন। ইহা প্রমাণ করে, জল দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেন লইয়া গঠিত অর্থাৎ জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তনের অনুপাত 2 : 1.

প্রশ্ন : ১৭৩। স্টীমের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় করিবার একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

উত্তর : 100°C উষ্ণতার উর্ধ্বে 2 : 1 আয়তনিক অনুপাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের গ্যাস-মিশ্রণের মধ্যে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ চালাইয়া উৎপন্ন স্টীমের আয়তন হইতে উহার আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয় করা হয়।

একটি U-আকৃতির গ্যাসমান-যন্ত্রের বন্ধ-মুখের বাহুটি অংশাঙ্কিত এবং উহার উপরের দিকে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টির জন্য দুইটি প্লাটিনাম তার সংযুক্ত থাকে ; বন্ধ-মুখ বাহুনলটি একটি কাচের জ্যাকেট দ্বারা আবৃত রাখা হয়। অপর খোলা বাহুর নীচের দিকে স্টপককযুক্ত একটি নির্গম-নল থাকে। প্রথমে U-নলটি সম্পূর্ণ পারদপূর্ণ করিয়া উহার অংশাঙ্কিত বন্ধ বাহুনলে পারদ অপসারণ দ্বারা 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেনের মিশ্রণ লওয়া হয়। এখন বন্ধমুখ বাহুনলের জ্যাকেটের ভিতর দিয়া অ্যামাইল অ্যালকোহল বাষ্প (স্ফুটনাঙ্ক 132°C) প্রবাহিত করিয়া নলের ভিতরকার হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন-মিশ্রণের উষ্ণতা 132°C রাখা হয়। গ্যাসমান যন্ত্রের দুই বাহুর পারদতল সমান করিলে প্রমাণ চাপে উক্ত মিশ্রণের আয়তন জানা যায়। এখন U-নলটির খোলা বাহুনলের মুখটি বন্ধ করিয়া প্লাটিনাম তার দুইটি আবেশ কুণ্ডলীর সহিত যুক্ত করিলে বন্ধ বাহুনলের হাইড্রোজেন-অক্সিজেন মিশ্রণে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হয় ; ফলে উহারা পরস্পর মিলিয়া জল গঠন করে। কিন্তু নলের উষ্ণতা 132°C থাকায় উৎপন্ন জল বাষ্পীয় অবস্থায় থাকে। U-নলের দুই বাহুর পারদ পুনরায় সমতলে আনিয়া এই জলীয় বাষ্পের আয়তন জানা হয়। বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়, উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের আয়তন পূর্বোক্ত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্র আয়তনের দুই-তৃতীয়াংশ। সুতরাং 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন মিলিত হইয়া 2 আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে ; অর্থাৎ আয়তন হিসাবে হাইড্রোজেন : অক্সিজেন : জলীয় বাষ্প = 2 : 1 : 2.



চিত্র ১৯

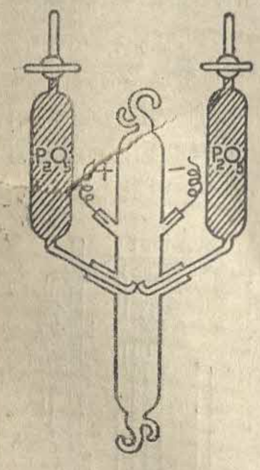
প্রশ্ন : ১৭৪। জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয়ের ডুমার পরীক্ষা বর্ণনা কর। অথবা, জলে ওজন হিসাবে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত নির্ণয় করিবার জন্য একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর এবং কি কি সতর্কতা অবলম্বন করা প্রয়োজন তাহা উল্লেখ কর।

উত্তর : ৪৫ নং প্রশ্নোত্তরের (ক) অংশ দেখ। (নীতির শেষ লাইন বাদ যাবে।) গণনার শেষ লাইনের বদলে লিখ—

সুতরাং $\{(d-c)-(a-b)\}$ গ্রাম হাইড্রোজেন এবং $(a-b)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হইয়া $(d-c)$ গ্রাম জল উৎপন্ন করে। বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং উৎপন্ন জলের ওজনের অনুপাত $=1 : 7{\cdot}98 : 8{\cdot}98$; অর্থাৎ ওজন হিসাবে 1 ভাগ হাইড্রোজেন ও 8 ভাগ অক্সিজেন মিলিয়া 9 ভাগ জল উৎপন্ন করে।

প্রশ্ন : ১৭৫। জলে ওজন হিসাবে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত নির্ণয়ের একটি সাংশ্লেষিক পরীক্ষা (মর্লির পরীক্ষা) বর্ণনা কর।

উত্তর : নির্দিষ্ট ওজনের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্রণে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ চালাইয়া জল উৎপন্ন করিয়া মর্লি উহাদের ওজনের অনুপাত নিখুঁতভাবে স্থির করেন।



চিত্র ২০

পরীক্ষা—হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পৃথকভাবে বিশুদ্ধ করিয়া দুইটি বায়ুশূন্য পাত্রে রাখিয়া ওজন করা হয়। স্টপককের সাহায্যে উহাদের পৃথকভাবে দুইটি P_2O_5 বাল্ব ও পরে নির্গম নলের ভিতর দিয়া এমনভাবে মর্লির যন্ত্রে প্রবেশ করান হয় যেন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তনের অনুপাত $2 : 1$ থাকে। নির্গম-নল দুইটির মুখের নিকটে অবস্থিত দুইটি প্লাটিনাম তারের মধ্যে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করিলে উহারা মিলিয়া জলে পরিণত হয় এবং উহা যন্ত্রটির নীচের অংশে জমা হয়। জলীয় বাষ্পকে সম্পূর্ণভাবে জলে পরিণত করিবার জন্য যন্ত্রটির চতুর্দিকে বরফ দিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। এইভাবে কিছু পরিমাণ জল উৎপন্ন হইলে পাম্পের সাহায্যে অপরিবর্তিত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বাহির করিয়া ওজন করা হয় এবং পরে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পাত্র দুইটির পৃথকভাবে পুনরায় ওজন লওয়া হয়। অন্যদিকে মর্লির যন্ত্রটিকে ওজন করিলে উৎপন্ন জলের পরিমাণ জানা যায়। এইভাবে জল উৎপাদনে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজন-অনুপাত নির্ণয় করা হয়। মর্লির পরীক্ষায় এই অনুপাত $1 : 7{\cdot}9394$ অর্থাৎ ওজন হিসাবে জলে $H_2 : O_2 = 1{\cdot}00762 : 8$ থাকে।

প্রশ্ন : ১৭৬। (ক) ধাতব পার-অক্সাইড হইতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিবার পদ্ধতিগুলি লিখ। (খ) কিভাবে ইহা বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র অবস্থায় প্রস্তুত করা যায়। (গ) পার-হাইড্রল কি ?

উত্তর : (ক) (i) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি**—হিম-শীতল লঘু H_2SO_4-এর সহিত সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইড ($BaO_2.8H_2O$)-এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় ; অদ্রবণীয় $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পৃথক হইয়া পড়ে : $BaO_2+H_2SO_4=BaSO_4+H_2O_2$.

প্রস্তুতি—একটি বিকারে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সহিত অল্প জল মিশাইয়া সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেই প্রস্তুত করিয়া হিম-মিশ্রে শীতল করা হয়। অপর একটি বিকারে হিম-শীতল লঘু H_2SO_4 (20%) লইয়া উহাতে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেই ধীরে ধীরে যোগ করিয়া একটি কাচদণ্ডের সাহায্যে ক্রমাগত নাড়া হয় যেন শেষ পর্যন্ত মিশ্রণে সামান্য অ্যাসিড উদ্বৃত্ত থাকে। বিকারটি কিছুক্ষণ বরফের মধ্যে স্থিরভাবে বসাইয়া রাখিলে অদ্রবণীয় $BaSO_4$ নীচে থিতাইয়া পড়ে এবং পরিস্রাবণের সাহায্যে উহা পৃথক করিলে 10 – 20% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

(ii) **মার্কের পদ্ধতি**—সোডিয়াম পার-অক্সাইড ও হিম-শীতল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত হয় : $Na_2O_2+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O_2$. হিম-শীতল অবস্থায় অধিকাংশ সোডিয়াম সালফেট গ্লবার লবণ ($Na_2SO_4.10H_2O$) রূপে কেলাসিত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। উহাকে ছাঁকিয়া দ্রবণটিকে কম বায়ু-চাপে পাতিত করিলে 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাকে মার্কের পার-হাইড্রল বলে।

(iii) **অন্যান্য পদ্ধতি**—বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সহিত ফসফরিক অ্যাসিড বা কার্বনিক অ্যাসিড ব্যবহার করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$3BaO_2+2H_3PO_4=Ba_3(PO_4)_2+3H_2O_2$$

$$BaO_2+CO_2+H_2O=BaCO_3+H_2O_2$$

হিম-শীতল জলে BaO_2-চূর্ণ প্রলম্বিত রাখিয়া CO_2 প্রবাহিত করা হয়। উৎপন্ন অদ্রবণীয় $BaCO_3$ এবং অপরিবর্তিত BaO_2 ছাঁকিয়া পৃথক করিলেই H_2O_2 দ্রবণ পাওয়া যায়।

(খ) লঘু H_2O_2-এর জলীয় দ্রবণকে খোলা থালার মত ছড়ানো পাত্রে জল-গাহের উপর 60° – 70°C উষ্ণতায় রাখিলে জল আংশিক উবিয়া যায়। এইভাবে 60% H_2O_2 দ্রবণ উৎপন্ন হয়। অতঃপর দ্রবণটিকে 15 মি.মি. চাপে পাতিত করিলে 85°C উষ্ণতায় 92·1% গাঢ় H_2O_2 দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাকে একটি শূন্য-চাপ শোষকাধারে গাঢ় H_2SO_4-এর উপর রাখিয়া শুষ্ক করিলে বিশুদ্ধ 100% H_2O_2-এর কেলাস উৎপন্ন হয়।

(গ) ১৭৬ নং প্রশ্নোত্তরের ক (ii) অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ১৭৭। পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়? (খ) ইহার প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার লিখ। (গ) BaO_2 পার-অক্সাইড কিন্তু MnO_2 বা PbO_2 পার-অক্সাইড নয় কেন দেখাও।

উত্তর : (ক) ১৭৬ নং প্রশ্নোত্তরের ক (i) অংশ দেখ।

(খ) **ভৌত ধর্ম :** বিশুদ্ধ H_2O_2 স্বচ্ছ ও সিরাপের মত বর্ণহীন তরল। ইহা নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় গন্ধযুক্ত এবং জলে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 151°C এবং ঘনত্ব 1·46.

রাসায়নিক ধর্ম—(i) H_2O_2 একটি অস্থায়ী যৌগ। ইহা সাধারণ উষ্ণতায় অতি ধীরে এবং অধিক উষ্ণতায় দ্রুত গতিতে জল ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয় : $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$. ক্ষার দ্রবণ, আলোকরশ্মি, Au, Pt ও MnO_2-চূর্ণ প্রভৃতি ইহার বিযোজন ত্বরান্বিত করে এবং অ্যাসিড, গ্লিসারিণ প্রভৃতি ইহার বিযোজনে বাধা দেয়।

(ii) H_2O_2 মৃদু অ্যাসিড-ধর্মী। ইহা নীল লিটমাস লাল করে এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় পার-অক্সাইড লবণ ও জল উৎপন্ন করে : $Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O$.

(iii) H_2O_2 একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য। ইহা কালো PbS-কে সাদা $PbSO_4$-এ জারিত করে ; প্রশম বা অ্যাসিড মিশ্রিত KI-কে জারিত করিয়া I_2 নির্গত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া জলে পরিণত হয়। $PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$; $2KI + H_2SO_4 + H_2O_2 = K_2SO_4 + 2H_2O + I_2$.

(iv) H_2O_2 বিরঞ্জক পদার্থ। জারণের দ্বারা ইহা সিল্ক, পালক, পশম প্রভৃতি দ্রব্যকে বিরঞ্জিত করে এবং কালো চুল সোনালী বর্ণে রঞ্জিত হয়।

(v) কতকগুলি বিক্রিয়ায় H_2O_2 আপাত দৃষ্টিতে বিজারক হিসাবে কার্য করে। ইহা সিলভার অক্সাইড, ক্লোরিন, ওজোন ও অ্যাসিডযুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণকে বিজারিত করিয়া যথাক্রমে ধাতব সিলভার, HCl, অক্সিজেন ও বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণ গঠন করে এবং নিজে জারিত না হইয়া বিজারিত হয় ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। $Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$; $Cl_2 + H_2O = 2HCl + O_2$; $O_3 + H_2O_2 = H_2O + 2O_2$; $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$.

(vi) জলের অণুর মত ইহা কতকগুলি পদার্থের সহিত সংযুক্ত অবস্থায় থাকিয়া যুত-যৌগ $KF.H_2O_2$, $(NH_4)_2SO_4.H_2O_2$ গঠন করে।

ব্যবহার—(i) তৈলচিত্র, শিল্প, পশম, হাতীর দাঁতের সামগ্রী বিরঞ্জনে ও পরিষ্করণে, (ii) জীবাণুনাশক ঔষধরূপে, (iii) পরীক্ষাগারে জারক দ্রব্যরূপে, (iv) রকেটের জ্বালানী হিসাবে এবং (v) ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত দ্রব্য হইতে অতিরিক্ত ক্লোরিন অপসারণের জন্য হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

(গ) ৬৪ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ১৭৮। (ক) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জারক দ্রব্য ও বিজারক দ্রব্য উভয় রূপে ক্রিয়া করে আলোচনা কর। (খ) ইহা কিরূপে সনাক্ত করা হয়? (গ) ইহার লঘু জলীয় দ্রবণ জল-গাহে বাষ্পীভূত করিলে কি হয়?

উত্তর : (ক) **জারক দ্রব্য**—অ্যাসিড মাধ্যমে H_2O_2 ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া জলে বিজারিত হয় বলিয়া ইহা উত্তম জারক দ্রব্য রূপে ক্রিয়া করে : $H_2O_2+2H^+ +2e=2H_2O$. অন্যভাবে, ইহার প্রতিটি অণু হইতে একটি অক্সিজেন পরমাণু সর্বদা জারণ কার্য্যে অংশ গ্রহণ করে বলিয়া H_2O_2 একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য : $H_2O_2=H_2O+O$.

একটি পরীক্ষানলে কিছু অ্যাসিড মিশ্রিত KI দ্রবণ লইয়া উহাতে কয়েক ফোঁটা স্টার্চ দ্রবণ মিশান হয়। অতঃপর ইহাতে H_2O_2 দ্রবণ যোগ করিলে KI হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া I_2 নির্গত করে এবং ইহা স্টার্চ দ্রবণকে নীলবর্ণ করে। $2KI+H_2SO_4+H_2O_2=K_2SO_4+2H_2O+I_2$. এক্ষেত্রে KI-স্থিত I^--আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করিয়া মুক্ত আয়োডিনে জারিত হয় ($2I^- - 2e=I_2$)। অপরদিকে, এই বর্জিত ইলেকট্রন H_2O_2 গ্রহণের ফলে নিজে জলে বিজারিত হয় এবং জারক দ্রব্যরূপে কার্য করে।

বিজারক দ্রব্য—অধিকতর শক্তিশালী জারক দ্রব্যের সহিত বিক্রিয়ায় H_2O_2 ইলেকট্রন বর্জন করিতে সক্ষম হয় বলিয়া ইহা বিজারক দ্রব্য রূপে ক্রিয়া করে : $H_2O_2 -2e=2H^++O_2$. এইরূপে আপাত-বিজারণ কার্যে H_2O_2 নিজেও বিজারিত হয় এবং অক্সিজেন নির্গত করে।

একটি পরীক্ষানলে অ্যাসিড মিশ্রিত বেগুনী বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণ লইয়া উহাতে H_2O_2 দ্রবণ যোগ করা হইল। ইহাতে $KMnO_4$ বিজারিত হইয়া বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণে পরিণত হয় : $2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2O_2=K_2SO_4+ 2MnSO_4+8H_2O+5O_2$. এক্ষেত্রে $KMnO_4$-স্থিত MnO_4^- (পার-ম্যাঙ্গানেট) আয়ন অ্যাসিড মাধ্যমে ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া ম্যাঙ্গানাস, Mn^{++} আয়নে বিজারিত হয়। ($MnO_4^-+8H^++5e=Mn^{++}+4H_2O$)। এই ইলেকট্রনগুলি H_2O_2 হইতে আসে বলিয়া ইহা বিজারক দ্রব্যরূপে গণ্য হয়।

(খ) (i) H_2SO_4 মিশ্রিত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে হাইড্রোজেন পার অক্সাইড যোগ করিয়া ইথার মিশাইয়া আলোড়িত করিলে ইথার স্তর নীলবর্ণ হয়। (ii) ইহা অ্যাসিড মিশ্রিত বেগুনী বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করে এবং (iii) $FeSO_4$-এর উপস্থিতিতে H_2O_2 সিক্ত স্টার্চ-আয়োডাইড কাগজকে নীল করে।

(গ) H_2O_2-এর লঘু জলীয় দ্রবণ জল-গাহে বাষ্পীভূত করিলে প্রথমে অপেক্ষাকৃত উদ্বায়ী জল বাষ্পীভূত হইয়া দ্রবণটি গাঢ় হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইয়া 70°C-এর উপরে উঠিলে H_2O_2 বিশ্লিষ্ট হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয় : $2H_2O_2 =2H_2O+O_2$.

প্রশ্ন : ১৭৯। (ক) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয় সমীকরণসহ লিখ। (খ) এই দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা কিরূপে প্রকাশ করা হয়? (গ) '30 আয়তন' হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ বলিতে কি বুঝায়?

উত্তর : (ক) প্লাটিনাম অ্যানোড ও কপার ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া হিম-শীতল 50% গাঢ় H_2SO_4 দ্রবণের ভিতর দিয়া উচ্চ-মাত্রার তড়িৎ চালনা করিলে অ্যানোডে সালফিউরিক অ্যাসিড জারিত হইয়া পার-ডাই সালফিউরিক অ্যাসিডে ($H_2S_2O_8$) পরিণত হয়। এই দ্রবণকে পৃথক পাত্রে লইয়া নিম্ন চাপে 80° – 90°C উষ্ণতায় পাতিত করিলে উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত হয়; ইহা পাতিত হইয়া 30% H_2O_2 দ্রবণরূপে গ্রাহকে সঞ্চিত হয়। সেইসঙ্গে H_2SO_4 পুনরায় উৎপন্ন হইয়া পাতন-ফ্লাস্কে পড়িয়া থাকে এবং ইহা পুনরায় ব্যবহার করা হয়। বর্তমানে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে এইভাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পণ্য উৎপাদন করা হয়।

$$2H_2SO_4 = H_2S_2O_8 + H_2 \; ; \; H_2S_2O_8 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + H_2O_2$$

(খ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে যে আয়তনের অক্সিজেন নির্গত হয় সেই হিসাবে দ্রবণের শক্তি বা গাঢ়ত্ব প্রকাশ করা হয়। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে (N.T.P.) H_2O_2 দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে যদি নিজ আয়তনের x গুণ অক্সিজেন নির্গত হয়, তবে ঐ দ্রবণের শক্তি বা গাঢ়ত্ব 'x আয়তন' হইবে। যেমন 1 সি.সি. 10-আয়তন H_2O_2 দ্রবণ হইতে 10 সি. সি. অক্সিজেন পাওয়া যায়।

'30 আয়তন' হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ বলিতে বুঝায় যে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উহার 1 সি. সি. দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে 30 সি. সি. অক্সিজেন নির্গত হয়। এই দ্রবণে ওজন হিসাবে 9·12% H_2O_2 থাকে।

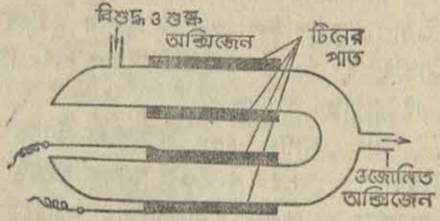
প্রশ্ন : ১৮০। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ ও জলের মধ্যে কিভাবে পার্থক্য করা যায়? অথবা, **জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা কর।**

উত্তর : (১) জল বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন স্বচ্ছ তরল; লঘু H_2O_2 দ্রবণ বর্ণহীন ও গন্ধহীন স্বচ্ছ তরল হইলেও স্বাদে কটু, গাঢ় দ্রবণ নাইট্রিক অ্যাসিডের মত তীব্র গন্ধযুক্ত। (২) জল হাল্কা তরল, ঘনত্ব 1·00 ও স্ফুটনাঙ্ক 100°C; জল ফুটিবার সময় কোন বিস্ফোরণ ঘটে না। H_2O_2 ঘন তরল, ঘনত্ব 1·46 ও স্ফুটনাঙ্ক 151°C; ইহা বিস্ফোরণ সহযোগে ফুটিতে থাকে। (৩) জল প্রশম অক্সাইড। লঘু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ প্রশম হইলেও ঘন দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী; ইহা নীল লিটমাসকে লাল বর্ণ করে। (৪) জলের কোন জারণ বা বিজারণ ক্ষমতা নাই; কিন্তু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের জারণ ও বিজারণ উভয় ধর্মই বিদ্যমান, সেইজন্য ইহার বিরঞ্জন ক্ষমতা আছে। (৫) জল সুস্থিত যৌগ কিন্তু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দুঃস্থিত যৌগ। উত্তাপের প্রভাবে জল অবিকৃত থাকে কিন্তু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জল ও অক্সিজেনে ভাঙ্গিয়া যায়। (৬) জলের সংকেত H_2O এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সংকেত H_2O_2.

প্রশ্ন : ১৮১। (ক) পরীক্ষাগারে ওজোনিত অক্সিজেন প্রস্তুতির একটি বর্ণনা দাও। (খ) ইহা হইতে কিভাবে বিশুদ্ধ ওজোন পাওয়া যায়? (গ) ইহার ব্যবহার লিখ। (ঘ) ওজোন কিরূপে সনাক্ত করা যায়?

উত্তর : (ক) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি**—সিমেন্স যন্ত্রে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনের ভিতর দিয়া তড়িৎ-ক্ষরণ চালাইয়া ওজোনিত অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয় : $3O_2 = 2O_3 - 68$ কিলো ক্যালরি।

সিমেন্স যন্ত্র সরু ও মোটা দুইটি সমাক্ষীয় কাচ-নল দ্বারা গঠিত। সরু নলের ভিতরের প্রান্তটি বন্ধ এবং অপর প্রান্তটি বাহিরের মোটানলের সহিত যুক্ত। বাহিরের নলটিতে গ্যাস প্রবেশ ও নির্গমনের দুইটি পথ থাকে। এই নলের বাহিরের দিক এবং সরু নলের ভিতরের দিক টিনের পাত দিয়া ঢাকা থাকে। দুই নলের মধ্যবর্তী স্থান দিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেন প্রবাহ ধীরে চালনা করা হয়। টিনের পাত দুইটি আবেশ কুণ্ডলীর দুই প্রান্তের সহিত সংযুক্ত করিলে ঐ গ্যাস শব্দহীন তড়িৎ-ক্ষরণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়; ফলে নির্গম পথ দিয়া ওজোনিত অক্সিজেন বাহির হইয়া আসে। সাধারণতঃ ইহাতে 10% ওজোন থাকে।



চিত্র ২১

(খ) ওজোনিত অক্সিজেনকে তরল বায়ুতে ঠাণ্ডা করা নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে ওজোন গাঢ় নীল তরলে পরিণত হয়; ইহাতে তরল অক্সিজেন মিশ্রিত থাকে। ইহাকে আংশিক পাতন করিলে এবং একই সঙ্গে পাম্পের সাহায্যে ক্রমাগত অক্সিজেন সরাইয়া লইলে ঘন নীল বিশুদ্ধ তরল ওজোন (স্ফুটনাঙ্ক $-112.4°C$) পড়িয়া থাকে। ইহাকে খুব সতর্কতার সঙ্গে বাষ্পায়িত করিলে বিশুদ্ধ ওজোন গ্যাস পাওয়া যায়।

(গ) **ব্যবহার**—(১) পানীয় জল জীবাণুমুক্ত করিতে, (২) বিশেষ ক্ষেত্রে বায়ু বিশুদ্ধকরণে, (৩) তেল, মোম, ময়দা প্রভৃতি বিরঞ্জনের জন্য এবং (৪) পরীক্ষাগারে অনেক জৈব পদার্থ জারিত করিতে ওজোন ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) **সনাক্তকরণ**—নীলাভ ওজোন গ্যাস (i) মারকারির সচলতা নষ্ট করে, (ii) স্টার্চ-আয়োডাইড সিক্ত কাগজকে নীল বর্ণ করে, (iii) টেট্রামিথাইল ক্ষারক বা বেঞ্জিডিনের অ্যালকোহল দ্রবণ সিক্ত কাগজকে বেগুনী বা বাদামী বর্ণ করে এবং (iv) তার্পিন তেল দ্বারা শোষিত হয়।

প্রশ্ন : ১৮২। (ক) অক্সিজেন হইতে ওজোন প্রস্তুতির দুইটি প্রধান শর্ত কি? (খ) ইহার ধর্মসমূহ লিখ।

উত্তর : (ক) শর্ত—(১) অক্সিজেন বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হওয়া প্রয়োজন নচেৎ উৎপন্ন ওজোন সহজেই বিযোজিত হয়। (২) অক্সিজেনের মধ্য দিয়া শব্দহীন তড়িৎ-ক্ষরণ প্রবাহিত করিতে হয় কারণ বিক্রিয়াটি তাপ-শোষক বলিয়া ($3O_2 =$

$2O_3 - 68$ কিলো-ক্যালরি) উচ্চ উষ্ণতা এই রূপান্তরের পক্ষে অনুকূল হইলেও তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে সৃষ্ট উচ্চ উষ্ণতায় ওজোন সহজেই বিযোজিত হয়।

(খ) **ভৌত ধর্ম**—বিশুদ্ধ ওজোন নীল মৎস্য গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা জলে অক্সিজেন অপেক্ষা বেশী দ্রবণীয়। ইহার স্ফুটনাঙ্ক $-11.4°C$. তাপিন তৈল ওজোনকে খুব সহজেই শোষণ করে।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ওজোন খুবই অস্থায়ী। সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে এবং উত্তাপ প্রয়োগে ইহা দ্রুত অক্সিজেনে ভাঙ্গিয়া যায়; 300°C উষ্ণতায় এই রূপান্তর সম্পূর্ণ হয় : $2O_3 = 3O_2$. বিচূর্ণ সিলভার, প্লাটিনাম, MnO_2 প্রভৃতির উপস্থিতিতে এই বিযোজন ত্বরান্বিত হয়।

(ii) ওজোন একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য। ইহা কালো PbS-কে সাদা $PbSO_4$-এ জারিত করে এবং KI-কে জারিত করিয়া I_2 নির্গত করে। ইহার সংস্পর্শে মারকারি আংশিকভাবে মারকিউরাস অক্সাইডে পরিণত হয় বলিয়া উহার উজ্জ্বলতা ও সচলতা লোপ পায়। $PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2$; $2KI + H_2O + O_3 = 2KOH + O_2 + I_2$; $2Hg + O_3 = Hg_2O + O_2$.

(iii) জারণ ক্ষমতার জন্য ওজোনের বিরঞ্জন গুণ থাকে। ইহা জৈব জাতীয় রং বিরঞ্জিত করে এবং উদ্ভিজ্জ রং নীলকে বর্ণহীন করে।

(iv) ওজোন সরাসরি ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন প্রভৃতি দ্বি-বন্ধ বা ত্রি-বন্ধযুক্ত অসংপৃক্ত জৈব যৌগের সহিত যুক্ত হইয়া সংপৃক্ত যুত-যৌগ ওজোনাইড গঠন করে; ইহার সহিত জলের বিক্রিয়ায় H_2O_2 উৎপন্ন হয়।

$$H_2C{=}CH_2 + O_3 \rightarrow C_2H_4O_3 \;;\; C_2H_4O_3 + H_2O = 2H.CHO + H_2O_2$$

প্রশ্ন : ১৮৩। (ক) অক্সিজেনের সহিত ওজোনের সম্বন্ধ কি? (খ) ওজোন যে মূলতঃ অক্সিজেনের রূপভেদ তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে?

উত্তর : (ক) ওজোনের মধ্যে শুধুমাত্র অক্সিজেন আছে; ইহার অণু তিনটি অক্সিজেন পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত। অর্থাৎ ওজোন অক্সিজেনের রূপভেদ।

(খ) বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেন গ্যাসের মধ্য দিয়া শব্দহীন তড়িৎ-ক্ষরণ চালাইলে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় উহাতে স্টার্চ-আয়োডাইড কাগজ ধরিলে নীলবর্ণ হয়। ইহাতে বুঝা যায়, এই গ্যাসে ওজোন আছে। এখন এই গ্যাস 300°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া উহাতে স্টার্চ-আয়োডাইড কাগজ ধরিলে উহা নীলবর্ণ হয় না, কিন্তু উহা ক্ষারীয় পাইরোগ্যালল দ্রবণে সম্পূর্ণ শোষিত হয়। অর্থাৎ এই গ্যাসে ওজোন নাই, ইহা শুধুমাত্র অক্সিজেন। ইহাই প্রমাণ করে যে ওজোন অক্সিজেনের একটি রূপভেদ মাত্র।

প্রশ্ন : ১৮৪। (ক) অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে ওজোনের পার্থক্য কোথায়? (খ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সহিত ওজোনের ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর।

উত্তর : (ক) **অক্সিজেন ও ওজোনের পার্থক্য**—ওজোন অক্সিজেনের একটি রূপভেদ। ইহার অণুতে তিনটি অক্সিজেন পরমাণু থাকে বলিয়া উহাদের ভৌত ও

রাসায়নিক ধর্মের কিছু পার্থক্য দেখা যায়। যেমন—(i) ওজোন নীল, ... এবং নিজে গ্যাস, স্ফুটনাঙ্ক −112.4°C. অক্সিজেন বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাস, স্ফুটনাঙ্ক − ...

(ii) ওজোন-গ্যাসে স্টার্চ-আয়োডাইড কাগজ ধরিলে আয়োডিন নির্গত করিয়া স্টার্চ কাগজ নীলবর্ণ করে। কারণ ওজোন জারণ ধর্মী। $2KI+H_2O+O_3$ ... $I_2+2KOH+O_2$. অক্সিজেনের সংস্পর্শে এরূপ ঘটে না।

(iii) ওজোনের সংস্পর্শে মারকারির গতিশীলতা নষ্ট হয় এবং কাচের গায়ে আঁটিয়া থাকে। অক্সিজেনের সংস্পর্শে এরূপ হয় না।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও ওজোনের পার্থক্য—(i) ওজোন নীলাভ মৎস্য গন্ধযুক্ত গ্যাস কিন্তু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ঈষৎ নীলাভ, নাইট্রিক অ্যাসিডের মত গন্ধযুক্ত তরল। (ii) উভয়ই শক্তিশালী জারক দ্রব্য; $FeSO_4$ মিশ্রিত KI দ্রবণ হইতে ওজোন আয়োডিন নির্গত করে না কিন্তু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড আয়োডিন নির্গত করে। (iii) লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত $KMnO_4$ দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড মিশাইলে বেগুনী দ্রবণ বিজারণের ফলে বর্ণহীন হয়। ওজোনের সংস্পর্শে এরূপ হয় না। $2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2O_2=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5O_2$ (iv) ওজোনের সংস্পর্শে মারকারির গতিশীলতা নষ্ট হয় এবং কাচের গায়ে আঁটিয়া থাকে। H_2O_2-এর সংস্পর্শে এরূপ হয় না। (v) অ্যাসিডযুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে ইথার মিশাইয়া উহাতে H_2O_2 ঢালিয়া আলোড়িত করিলে ইথার স্তর নীলবর্ণ হয়; এরূপ ক্ষেত্রে ওজোন কোন বিক্রিয়া করে না।

(খ) **ওজোন এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা**—

ধর্ম	ওজোন	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
(১) বর্ণ, গন্ধ, অবস্থা প্রভৃতি	নীলাভ, মৎস্য গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা প্রশম।	ঈষৎ নীলাভ, নাইট্রিক অ্যাসিডের গন্ধযুক্ত তরল। ইহা মৃদু অ্যাসিড।
(২) দ্রাব্যতা	জলে সামান্য দ্রবণীয়; CCl_4, তার্পিন তেলে সম্পূর্ণ দ্রাব্য।	জলে এবং ইথারে অত্যধিক দ্রবণীয়।
(৩) স্থায়িত্ব	অস্থায়ী পদার্থ। সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে এবং উত্তাপ ও অমসৃণ বস্তুর সংস্পর্শে দ্রুত ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন নির্গত করে।	
(৪) মারকারির সহিত বিক্রিয়া	মারকারির গতিশীলতা নষ্ট হয় এবং কাচের গায়ে আঁটিয়া থাকে।	কোন বিক্রিয়া হয় না।
(৫) জারণ ধর্ম: $FeSO_4$-এর উপস্থিতিতে KI-এর সহিত বিক্রিয়া	শক্তিশালী জারক দ্রব্য। এক্ষেত্রে আয়োডিন মুক্ত হয় না।	শক্তিশালী জারক দ্রব্য। আয়োডিন মুক্ত হয়।

	ওজোন	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
$2O_3$ — ারণ ধর্ম ; আম্লিক স্ফু MnO_4-এর সহিত বিক্রিয়া	বিজারণ গুণ দেখা যায় ; তথাপি এক্ষেত্রে কোন বিক্রিয়া হয় না।	বিজারণ গুণ আছে, বিক্রিয়ায় বেগুনী বর্ণ লোপ পায়।
(৭) বিরঞ্জন ধর্ম	জারণ ক্রিয়া দ্বারা উদ্ভিজ্জ রং নীল বর্ণহীন করে।	জারণের সাহায্যে সিল্ক, পশম ইত্যাদি বর্ণহীন করে।
(৮) যুত-যৌগ গঠন	অসংপৃক্ত জৈব যৌগের সহিত যুত-যৌগ ওজোন-ইড গঠন করে।	অজৈব যৌগের সহিত যুত-যৌগ গঠন করে।
(৯) আম্লিক $K_2Cr_2O_7$ ও ইথারের সহিত বিক্রিয়া	কোন বিক্রিয়া হয় না।	ইথার স্তর গাঢ় নীল বর্ণ হয়।

প্রশ্ন : ১৮৫। (ক) কিভাবে ওজোন (i) PbS, (ii) মারকারি ও (iii) KI-এর সহিত বিক্রিয়া করে? (খ) একটি উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া ওজোন চালিত করিলে কি হয় লিখ। (গ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সহিত (i) PbS, (ii) KI, (iii) $KMnO_4$ ও (iv) Cl_2-এর বিক্রিয়া সমীকরণ-সহ লিখ।

উত্তর : (ক) (i) ওজোন গ্যাসে কালো লেড সালফাইড রাখিলে উহা জারিত হইয়া সাদা লেড সালফেটে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন নির্গত হয়। $PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2$. এক্ষেত্রে জারণ-ক্রিয়ায় ওজোনের প্রত্যেকটি অণু ভাঙ্গিয়া একটি অক্সিজেন অণু উৎপন্ন করে এবং অতিরিক্ত অক্সিজেন পরমাণু PbS-কে জারিত করে।

(ii) ওজোনের সংস্পর্শে মারকারি আংশিকভাবে মারকিউরাস অক্সাইডে জারিত হয়; ফলে মারকারির গতিশীলতা ও উজ্জ্বলতা লোপ পায় এবং ইহা কাচের গায়ে আঁটিয়া থাকে : $2Hg + O_3 = Hg_2O + O_2$. ওজোনের জারণ-ক্রিয়ার জন্য এরূপ ঘটে।

(iii) অ্যাসিড মিশ্রিত বা প্রশম KI-এর সহিত ওজোনের বিক্রিয়ার ফলে আয়োডিন মুক্ত হয় এবং অক্সিজেন নির্গত হয় : এক্ষেত্রে ওজোন KI-কে মুক্ত আয়োডিনে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া অক্সিজেনে পরিণত হয়।

$$2KI + H_2O + O_3 = I_2 + 2KOH + O_2$$

$$2KI + H_2SO_4 + O_3 = K_2SO_4 + I_2 + H_2O + O_2$$

(খ) ওজোন খুবই অস্থায়ী। সেই কারণে উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া ওজোন চালিত করিলে ইহা দ্রুত অক্সিজেনে ভাঙ্গিয়া যায় ; ফলে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় : $2O_3 = 3O_2$.

(গ) (i) কালো PbS-এর উপর হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ঢালিলে ইহা সাদা $PbSO_4$-এ পরিণত হয় : $PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড শক্তিশালী জারক দ্রব্য বলিয়া ইহার বিযোজনে উৎপন্ন সদ্যোজাত

অক্সিজেন PbS-এর সহিত যুক্ত হইয়া উহাকে $PbSO_4$-এ জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া জলে পরিণত হয়।

(ii) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অ্যাসিড মিশ্রিত বা প্রশম KI-কে জারিত করিয়া উহা হইতে আয়োডিন নির্গত করে এবং নিজে জলে বিজারিত হয়। $2KI+H_2SO_4+H_2O_2=K_2SO_4+2H_2O+I_2$; $2KI+H_2O_2=2KOH+I_2$.

(iii) অ্যাসিড মিশ্রিত $KMnO_4$ দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করিলে পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হইয়া ম্যাঙ্গানাস লবণে পরিণত হয় এবং বেগুনী বর্ণের দ্রবণ বর্ণহীন হয়। এই সঙ্গে H_2O_2-ও নিজে বিজারিত হইয়া জলে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন নির্গত হয়।

$$2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2O_2=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5O_2$$

(iv) ক্লোরিনের সহিত H_2O_2-এর বিক্রিয়ার ফলে HCl ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। $Cl_2+H_2O_2=2HCl+O_2$. এক্ষেত্রে H_2O_2 বিজারক হিসাবে কাজ করে এবং ক্লোরিনকে বিজারিত করিয়া HCl-এ পরিণত করে।

প্রশ্ন : ১৮৬। (ক) বায়ুর সাধারণ উপাদানগুলি কি কি? আয়তন হিসাবে বায়ুতে উহাদের পরিমাণ কত? (খ) বায়ুতে উহাদের অস্তিত্ব কিরূপে প্রমাণ করা যায়? (গ) উপাদানগুলির উপযোগিতা কি?

উত্তর : (ক) বায়ু প্রধানতঃ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ। ইহাদের সহিত অল্প পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস মিশ্রিত থাকে। আয়তন হিসাবে বায়ুতে 77·10% N_2, 20·60% O_2, 1·40% জলীয় বাষ্প, 0·04% CO_2 এবং 0·80% নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ আছে। স্থান ও কালভেদে এই উপাদানগুলির অনুপাতের কিছু ব্যতিক্রম দেখা যায়। শুষ্ক ও CO_2-মুক্ত বায়ুতে আয়তন হিসাবে 78·11% N_2, 20·96% O_2 এবং 0·93% নিষ্ক্রিয় গ্যাস থাকে।

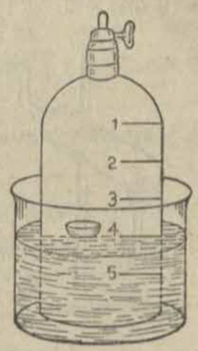
(খ) **অক্সিজেন**—নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস ভর্তি একটি গ্যাস-জার বায়ুতে খুলিবামাত্র বাদামী বর্ণ হয়; কারণ উহা বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সহিত মিলিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে; $2NO+O_2=2NO_2$. **নাইট্রোজেন**—বায়ুতে ফসফরাস পোড়াইলে অবশিষ্ট গ্যাস নাইট্রোজেনের সকল পরীক্ষাই সাড়া দেয়। নাইট্রোজেন উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা শোষিত হয় এবং অবশেষরূপে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মিশ্রণ পড়িয়া থাকে; $3Mg+N_2=Mg_3N_2$. **কার্বন ডাই-অক্সাইড**—স্বচ্ছ চুন-জল কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সর উহার উপরে পড়ে; $Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$. **জলীয় বাষ্প**—গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড খোলা অবস্থায় রাখিলে বায়ুর জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া তরলে পরিণত হয়।

(গ) **অক্সিজেন**—অক্সিজেন প্রাণীকূলের শ্বাস-প্রশ্বাসের পক্ষে অপরিহার্য এবং দহন কার্যে খুবই প্রয়োজনীয়। **নাইটোজেন**—ইহা বায়ুতে থাকিয়া লঘুতা হিসাবে কাজ করে এবং সকল প্রকার দহন ও জারণ কার্য পরিমিত করে। **কার্বন ডাই-অক্সাইড**—বায়ুস্থিত কার্বন ডাই-অক্সাইড উদ্ভিদের প্রধান খাদ্যবস্তু। আলোক-সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় উদ্ভিদ সূর্যালোক ও সবুজ ক্লোরোফিলের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে কার্বন মুক্ত করিয়া আত্মসাৎ করে এবং দেহ পুষ্ট করে। **জলীয় বাষ্প**—জলীয় বাষ্পের জন্য মেঘ সৃষ্টি হইয়া বৃষ্টি পড়ে বলিয়া প্রাণী ও উদ্ভিদকূল রক্ষা পায় এবং ভূপৃষ্ঠ-জলাশয়ের বাষ্পীভবন সংযত হয়।

প্রশ্ন : ১৮৭। বায়ুর একটি উপাদান দহনে সহায়তা করে এবং অপরটি করে না—ইহা পরীক্ষাগারে দেখাইবার জন্য একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। অথবা, উপযুক্ত পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ কর যে বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তনিক অনুপাত 1:4 থাকে।

উত্তর : বেলজার পরীক্ষা—একটি ছোট পোর্সিলেন মুচিতে একখণ্ড সাদা ফসফরাস রাখিয়া উহাকে একটি পাত্রে জলের উপর ভাসাইয়া দেওয়া হয়। উপরিভাগে মুখে ছিপিযুক্ত একটি বেলজার জলের উপর উপুড় করিয়া বসাইয়া মুচিটিকে ঢাকিয়া

রাখা হয় ; পরে বেলজারের ভিতরে ও বাহিরে জলতল এক রেখায় আনিয়া বেলজারের জলের উপরের অংশটি সমান পাঁচভাগে চিহ্নিত করা হয়। এইবার বেলজারে উপরিভাগের ছিপি খুলিয়া একটি উত্তপ্ত লৌহ শলাকা দ্বারা ফসফরাসে আগুন ধরাইয়া তাড়াতাড়ি ছিপিটি বন্ধ করা হয়। দহনকালে ফসফরাস বেলজারের ভিতরের বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি করে এবং উহা পরে জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়: $4P+5O_2=2P_2O_5$. ঠাণ্ডা হইলে দেখা যায়, বেলজারের $\frac{1}{5}$ অংশ জলে ভরিয়া গিয়াছে অর্থাৎ জল বেলজারের গায়ে চিহ্নিত এক দাগ উপরে উঠিয়া যায়। বেলজারের অবশিষ্ট $\frac{4}{5}$ অংশ বায়ুর মধ্যে ছিপি খুলিয়া তাড়াতাড়ি একটি জলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে উহা তৎক্ষণাৎ নিভিয়া যায় ; অর্থাৎ অবশিষ্ট গ্যাস দহন-কার্যে সহায়তা করে না বলিয়া নাইট্রোজেন প্রমাণিত হয়।

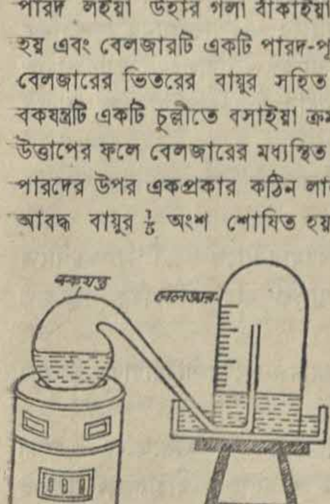


চিত্র ২২

অতএব বায়ু অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন নামক দুইটি গ্যাস লইয়া গঠিত এবং বায়ুতে উহাদের আয়তনিক অনুপাত 1 : 4 থাকে।

প্রশ্ন ঃ ১৮৮। বায়ুর সংযুতি নির্ধারণে ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা বর্ণনা কর।

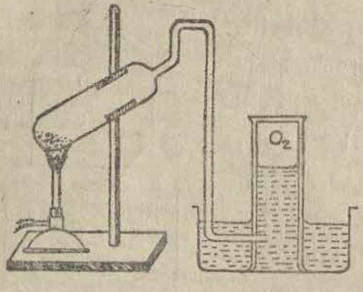
উত্তর ঃ পরীক্ষা—একটি কাচের বকযন্ত্রে অল্প পরিমাণ (প্রায় 4 আউন্স) বিশুদ্ধ পারদ লইয়া উহার গলা বাঁকাইয়া একটি অংশাঙ্কিত বেলজারের ভিতরে প্রবেশ করান হয় এবং বেলজারটি একটি পারদ-পূর্ণ পাত্রের উপর উপুড় করিয়া বসান হয়। ইহাতে বেলজারের ভিতরের বায়ুর সহিত বকযন্ত্রের অভ্যন্তরের সংযোগ থাকে। অতঃপর বকযন্ত্রটি একটি চুল্লীতে বসাইয়া ক্রমাগত 12 দিন ধরিয়া উহাকে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপের ফলে বেলজারের মধ্যস্থিত পারদ ধীরে ধীরে উপরে উঠিতে থাকে এবং বকযন্ত্রে পারদের উপর একপ্রকার কঠিন লাল সর পড়ে। অবশেষে দেখা যায় যে বেলজারের আবদ্ধ বায়ুর $\frac{1}{5}$ অংশ শোষিত হয়—অবশিষ্ট বায়ু আর শোষিত হয় না। বেলজারে অবশিষ্ট $\frac{4}{5}$ অংশ গ্যাসের মধ্যে একটি জলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে ইহা তৎক্ষণাৎ নিভিয়া যায় এবং এই গ্যাসে কোন প্রাণীও বাঁচিতে পারে না। ল্যাভয়সিয়র এই গ্যাসকে বলেন নিষ্প্রাণ বায়ু। ইহাই নাইট্রোজেন গ্যাস। অতএব বায়ুর আয়তনের $\frac{4}{5}$ অংশ নাইট্রোজেন থাকে।



চিত্র ২৩

এখন বকযন্ত্রে উৎপন্ন কঠিন লাল সরটি একটি পরীক্ষানলে লইয়া উহার মুখে একটি নির্গম নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। নির্গম নলের অপর প্রান্তের মুখে একটি পারদভাত

অংশাঙ্কিত গ্যাস-জার অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্রের উপর বসাইয়া পরীক্ষানলটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। দেখা যায়, ইহাতে কঠিন লাল সরটি তরল পারদে পরিণত হয় এবং সেই লাল সর হইতে একটি বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হইয়া গ্যাস-জারে সঞ্চিত হয়। এই গ্যাসের আয়তন বেলজারে পূর্বেকার শোষিত বায়ুর আয়তনের অর্থাৎ $\frac{1}{5}$ অংশের সমান। এই গ্যাসে জ্বলন্ত পাটকাঠি উজ্জ্বল শিখায় জ্বলে এবং ইহাতে প্রাণী বাঁচিতে পারে। ল্যাভয়সিয়র এই গ্যাসের নাম দেন অক্সিজেন। ইহার সহিত পূর্বেকার বেলজারের নাইট্রোজেন মিশাইলে পুনরায় বায়ু পাওয়া যায়।



চিত্র ২৪

অতএব ল্যাভয়সিয়র সিদ্ধান্ত করেন যে বায়ু মৌলিক পদার্থ নয়; ইহা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন নামক দুইটি গ্যাসের মিশ্রণ এবং বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তনিক অনুপাত 4 : 1 থাকে।

প্রশ্ন : ১৮৯। প্রমাণ কর যে বায়ু মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ নয়, ইহা অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন নামক দুইটি মৌলের মিশ্রণ। অথবা, 'বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ'—ইহার স্বপক্ষে উপযুক্ত যুক্তি উপস্থাপন কর।

উত্তর : (১) বায়ুর প্রধান উপাদান নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তনিক অনুপাত (4 : 1) প্রায় নিত্য থাকিলেও ইহা বিভিন্ন স্থানে ও বিভিন্ন সময়ে সামান্য কম-বেশী হয়। বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে উপাদানগুলির অনুপাতের সামান্য ব্যতিক্রমও হইত না।

(২) বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যে অনুপাতে থাকে সেই অনুপাতে উহাদের মিশাইলে তাপের বা আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না।

(৩) বায়ুতে উপাদানগুলির নিজ নিজ ধর্ম বর্তমান থাকে। 4 : 1 অনুপাতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন মিশাইলে যে মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহা ঠিক বায়ুর মত গুণসম্পন্ন হয়।

(৪) বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের পরিমাণ উহাদের পারমাণবিক ওজনের সরল গুণিতক অনুপাতে থাকে না।

(৫) বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে উহার নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ অনুসারে বায়ুর সংকেত N_4O এবং ঘনত্ব 36 হইত। বায়ু মিশ্রণ বলিয়াই উহার প্রকৃত ঘনত্ব 14·4 পাওয়া যায়।

(৬) বায়ুর জলীয় দ্রবণে বায়ু অপেক্ষা অক্সিজেনের অনুপাত অনেক বেশী; বায়ু মিশ্রণ বলিয়াই ইহা সম্ভব।

(৭) বায়ুর উপাদানগুলি ব্যাপন, আংশিক পাতন প্রভৃতি সহজ ভৌত প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায়। একটি সচ্ছিদ্র পোর্সিলেন নলে বায়ু আবদ্ধ রাখিলে উহার ছিদ্রের মধ্য দিয়া অক্সিজেন অপেক্ষা লঘুতর নাইট্রোজেন দ্রুতবেগে বাহির হইয়া আসে। আবার তরল বায়ু বাষ্পীভূত করিলে প্রথমে বেশী উদ্বায়ী নাইট্রোজেন বাষ্পীভূত হয় এবং পরে অক্সিজেন বাষ্পীভূত হয়।

উপরোক্ত যুক্তিগুলি নিঃসন্দেহে প্রমাণ করে যে বায়ু মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ নয়, ইহা একটি সাধারণ মিশ্রণ।

প্রশ্ন : ১৯০। বায়ু ও জল উভয়ের মধ্যেই অক্সিজেন বিদ্যমান। প্রমাণ কর যে ইহা বায়ুতে সাধারণ মিশ্রণরূপে এবং জলে রাসায়নিক সংযোগে আছে।

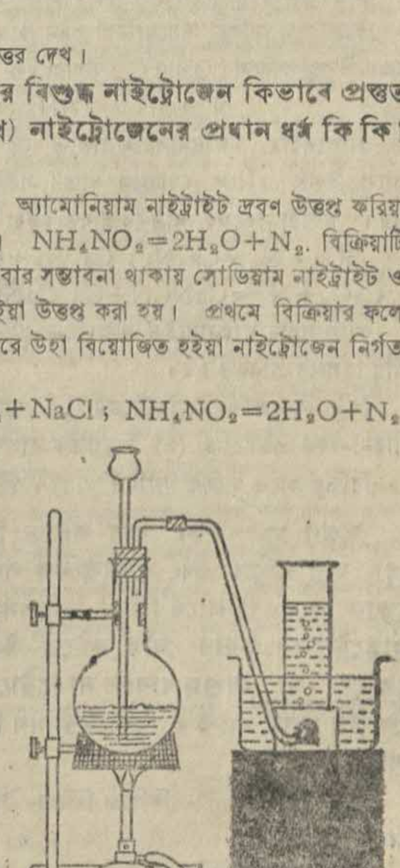
উত্তর : ১৮৯ নং ও ১৭১ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ১৯১। (ক) পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন কিভাবে প্রস্তুত করা হয়। চিত্রসহ বর্ণনা কর। (খ) নাইট্রোজেনের প্রধান ধর্ম কি কি? (গ) ইহার ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—সাধারণতঃ অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট দ্রবণ উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। $NH_4NO_2 = 2H_2O + N_2$. বিক্রিয়াটি দ্রুতগতি সম্পন্ন এবং ইহাতে বিস্ফোরণ ঘটিবার সম্ভাবনা থাকায় সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। প্রথমে বিক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট উৎপন্ন হয় এবং পরে উহা বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন নির্গত করে।

$$NH_4Cl + NaNO_2 = NH_4NO_2 + NaCl\ ;\ NH_4NO_2 = 2H_2O + N_2$$

একটি শক্ত গোলতল ফ্লাস্কে সমপরিমাণ সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ লওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও একটি নির্গম নল লাগাইয়া উহাকে জলগাহে বা তারজালির উপর রাখিয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। নাইট্রোজেন গ্যাস বাহির হইলে জল অপসারণ দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র ২৫

বিশুদ্ধিকরণ—এইভাবে প্রস্তুত নাইট্রোজেনে সামান্য ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া, নাইট্রোজেনের অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প থাকে। এই গ্যাস NaOH দ্রবণ ও গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে যথাক্রমে ক্লোরিন ও

নাইট্রোজেনের অক্সাইড এবং অ্যামোনিয়া ও জলীয় বাষ্প দ্রবীভূত হয়। পরিশেষে পারদ অপসারণ করিয়া শুষ্ক ও বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন সংগ্রহ করা হয়।

(খ) ভৌত ধর্ম—নাইট্রোজেন বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাস। ইহা জলে প্রায় অদ্রাব্য। ইহা বিষাক্ত নয় কিন্তু প্রাণীর শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) নাইট্রোজেন অদাহ্য গ্যাস এবং ইহা দহন-সহায়ক নয়।

(ii) নাইট্রোজেন অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় গ্যাস; ইহার রাসায়নিক সক্রিয়তা খুব কম। উচ্চ উষ্ণতায় এবং বর্ধিত চাপে ও অনুঘটকের প্রভাবে ইহা কয়েকটি মৌলের সহিত প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হয়।

200 বায়ু-চাপে ও 550°C উষ্ণতায় লৌহচূর্ণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিলিয়া অ্যামোনিয়া গঠন করে। তড়িৎ-শিখায় নাইট্রোজেন-অক্সিজেন মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে (3500°C) উহারা যুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$N_2+3H_2=2NH_3\ ;\ N_2+O_2=2NO$$

ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতু এবং ক্যালসিয়াম কারবাইড নাইট্রোজেন গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে ধাতব নাইট্রাইড ও ক্যালসিয়াম সায়নামাইড পাওয়া যায়। ইহারা সহজেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

$$3Ca+N_2=Ca_3N_2\ ;\ Ca_3N_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2NH_3$$

$$CaC_2+N_2=CaNCN+C\ ;\ CaNCN+3H_2O=CaCO_3+2NH_3$$

ক্যালসিয়াম সায়নামাইড ও কার্বনের ধূসর বর্ণের মিশ্রণকে নাইট্রোলিম বলে। ইহা সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(গ) ব্যবহার—নাইট্রোজেন (১) অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড ও ক্যালসিয়াম সায়নামাইড প্রস্তুতিতে, (২) বৈদ্যুতিক বাল্ব ও গ্যাস থার্মোমিটার ভর্তি করিতে এবং (৩) বিভিন্ন কাজে নিষ্ক্রিয় গ্যাসীয় আবরণ সৃষ্টি করিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ১৯২। (ক) বায়ু হইতে কিভাবে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়? (খ) বায়ু হইতে এবং রাসায়নিক পদ্ধতিতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি? কারণসহ লিখ। অথবা, বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন উহার যৌগ হইতে উৎপন্ন নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী কেন? (গ) বিশুদ্ধ বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন ছাড়া অপর কোন্ শ্রেণীর গ্যাস থাকে? উহাদের নাম লিখ। ঐ গ্যাসগুলি কি প্রয়োজনে লাগে?

উত্তর : (ক) নিম্নলিখিত বিভিন্ন উপায়ে বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা যায়। যথা—

(i) **তরল বায়ুর আংশিক পাতন দ্বারা**—১৫১ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) **বায়ুস্থিত অক্সিজেন সরাইয়া : (১) ফসফরাসের সাহায্যে**—১৮৭ নং প্রশ্নোত্তরের 'বেলজার পরীক্ষা' দেখ।

(২) **কপার কুচির সাহায্যে**—বায়ুকে প্রথমে KOH-পূর্ণ U-নল ও গাঢ়

H_2SO_4 পূর্ণ বোতলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া যথাক্রমে CO_2 ও জলীয় বাষ্প মুক্ত করা হয়। অতঃপর এই বিশুদ্ধ বায়ু একটি চুল্লীর উপর অনুভূমিকভাবে স্থাপিত কপার কুচি ভর্তি লোহিত-তপ্ত দহন-নলের ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে প্রবাহিত করা হয়। বায়ুস্থিত অক্সিজেন উত্তপ্ত কপারের সংস্পর্শে উহার সহিত সংযুক্ত হইয়া কালো কপার অক্সাইড উৎপন্ন করে, কিন্তু নাইট্রোজেন অপরিবর্তিত থাকিয়া যায়: $2Cu+O_2=2CuO$. অবশেষে বায়ুর অবশিষ্ট অংশ অর্থাৎ নাইট্রোজেন জলের উপর গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।

(খ) বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন অপসারিত করিয়া নাইট্রোজেন সংগ্রহ করা হয়। এই উপাদানগুলি ছাড়াও বায়ুতে হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপটন প্রভৃতি কয়েকটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস আছে; ইহারা সংগৃহীত নাইট্রোজেনের সঙ্গে মিশ্রিত থাকে। এইজন্য বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন বিশুদ্ধ নয়। কিন্তু নাইট্রোজেনের যৌগ হইতে প্রস্তুত নাইট্রোজেন সর্বদাই বিশুদ্ধ। হিলিয়াম বাদে অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির ঘনত্ব নাইট্রোজেনের ঘনত্ব অপেক্ষা বেশী বলিয়া বায়ু হইতে উৎপন্ন নাইট্রোজেন বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন অপেক্ষা সামান্য ভারী। যেমন বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 1·2572, কিন্তু বিশুদ্ধ নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 1·2505.

(গ) বিশুদ্ধ অর্থাৎ কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প মুক্ত বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন ছাড়া কয়েকটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস থাকে; ইহারা পর্যায়-সারণীর 0 শ্রেণীভূক্ত এবং সাধারণ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণে অক্ষম। এই নিষ্ক্রিয় গ্যাসীয় মৌলগুলি যথাক্রমে হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপটন ও জেনন। তরল বায়ুর আংশিক পাতনের সাহায্যে এই নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির মিশ্রণ সংগ্রহ করা যায়। রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার জন্য এই গ্যাস-মিশ্রণকে সাধারণভাবে আরগন বলা হয়।

ব্যবহার—হিলিয়াম গ্যাস হাল্কা ও অদাহ্য বলিয়া আবহাওয়া পর্যবেক্ষক বেলুনে ভরা হয়। খুব কম উষ্ণতায় গবেষণার কাজে তরল হিলিয়াম ব্যবহৃত হইয়া থাকে। আরগন গ্যাস বৈদ্যুতিক বাল্‌বে ভরা হয়; আর্ক-ওয়েল্ডিং-এ নিষ্ক্রিয় মাধ্যম হিসাবে ইহা কাজ করে। বিভিন্ন বর্ণের আলো সৃষ্টি করিতে নিয়ন, ক্রিপটন ও জেনন ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন: ১৯৩। কিভাবে (ক) অ্যামোনিয়া ও (খ) নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়?

উত্তর: (ক) গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণের মধ্য দিয়া ক্লোরিন চালনা করিলে উহা জারিত হইয়া নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে; হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে। $2NH_3+3Cl_2=6HCl+N_2$; $6NH_3+6HCl=6NH_4Cl$

লোহিত-তপ্ত CuO-এর উপর দিয়া অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করিলেও ইহা জারিত হয়; ফলে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। $3CuO+2NH_3=3Cu+3H_2O+N_2$.

(খ) লোহিত-তপ্ত কপারের উপর দিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প প্রবাহে ইহা বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে। $5Cu+2HNO_3=5CuO+H_2O+N_2$.

প্রশ্ন : ১৯৪। কি শর্তে নাইট্রোজেন (i) হাইড্রোজেন, (ii) অক্সিজেন, (iii) ম্যাগনেসিয়াম, (iv) অ্যালুমিনিয়াম ও (v) ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সহিত বিক্রিয়া করে? প্রত্যেক ক্ষেত্রে বিক্রিয়া-জাত পদার্থের সহিত জলের ক্রিয়া উল্লেখ কর।

উত্তর : (i) 200 বায়ু-চাপে ও 550°C উষ্ণতায় লৌহ-চূর্ণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন সরাসরি যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া গঠন করে : $N_2+3H_2=2NH_3$. অ্যামোনিয়া জলে সহজেই দ্রবীভূত হইয়া মৃদু ক্ষার অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে : $NH_3+H_2O=NH_4OH$.

(ii) নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ তড়িৎ-শিখায় উত্তপ্ত করিলে (3500°C) উহারা সরাসরি যুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করে। ইহা পরে অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত মিলিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $N_2+O_2=2NO$; $2NO+O_2=2NO_2$. ইহা আম্লিক অক্সাইড এবং জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন করে। $2NO_2+H_2O=HNO_2+HNO_3$.

(iii) উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রোজেন শোষণ করিয়া ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন করে : $3Mg+N_2=Mg_3N_2$. ইহা জলের সঙ্গে ফুটাইলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া নির্গত করে। $Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3$.

(iv) নাইট্রোজেন গ্যাসে অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড গঠিত হয় : $2Al+N_2=2AlN$. ইহাকে জলের সঙ্গে ফুটাইলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয়। $AlN+3H_2O=Al(OH)_3+NH_3$.

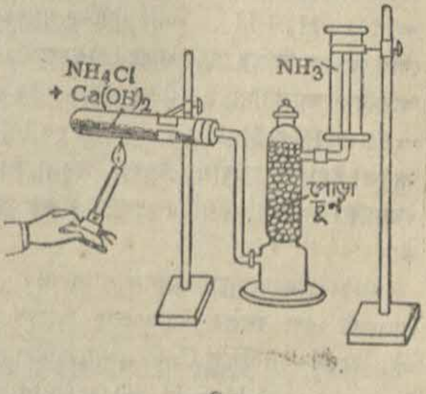
(v) 1100°C উষ্ণতায় বিচূর্ণ ক্যালসিয়াম কার্বাইড নাইট্রোজেন গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে ইহা নাইট্রোজেন শোষণ করিয়া ক্যালসিয়াম সায়নামাইড ও সূক্ষ্ম কার্বন-চূর্ণের মিশ্রণ উৎপন্ন করে। ধূসর বর্ণের এই মিশ্রণকে নাইট্রোলিম বলে। $CaC_2+N_2=CaNCN+C$. স্টীম প্রবাহে ক্যালসিয়াম সায়নামাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয়। $CaNCN+3H_2O=CaCO_3+2NH_3$.

প্রশ্ন ঃ ১৯৫। (ক) পরীক্ষাগারে কিরূপে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয় ? কিরূপে এই গ্যাস শুষ্ক করিয়া সংগ্রহ করা হয় ? (খ) অ্যামোনিয়ার প্রধান ধর্মগুলি লিখ। (গ) অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ককরণে গাঢ় H_2SO_4, P_2O_5 বা অনার্দ্র $CaCl_2$ ব্যবহার না করিয়া চুন ব্যবহৃত হয় কেন ?

উত্তর ঃ (ক) **প্রস্তুতি**—অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও শুষ্ক কলিচুনের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া সাধারণতঃ পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

$$2NH_4Cl+Ca(OH)_2=CaCl_2+2NH_3+2H_2O$$

একটি শক্ত ও মোটা কাচের পরীক্ষানলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও উহার দ্বিগুণ পরিমাণ শুষ্ক কলিচুনের মিশ্রণ লইয়া উহার মুখে নির্গম নল লাগান হয়। নলটিকে অনুভূমিকভাবে মুখের দিকে একটু কাত করিয়া রাখিয়া উহার অপর প্রান্ত একটি পোড়া-চুন ভর্তি স্তম্ভের সহিত যুক্ত করা হয় এবং স্তম্ভের উপরে একটি নলের উপর একটি শুষ্ক গ্যাসজার উপুড় করিয়া বসান হয়। এইবার নলটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহা নির্গম নল দিয়া চুন-স্তম্ভে প্রবেশ করে এবং মিশ্রিত জলীয় বাষ্প চুন দ্বারা শোষিত হয়। এইভাবে অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক হইয়া বায়ুর নিম্ন অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়।



চিত্র ২৬

(খ) **ভৌত ধর্ম**—অ্যামোনিয়া বর্ণহীন, তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক হাল্‌কা এবং জলে অত্যধিক দ্রবণীয়। চাপ প্রয়োগে ইহা সহজেই তরলীভূত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) অ্যামোনিয়া বায়ুতে দাহ্য বা দহন-সহায়ক নয়। অক্সিজেনে ইহা হলুদ শিখায় জ্বলিয়া নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্প গঠন করে। $4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O$. (ii) ইহা HCl গ্যাসের সংস্পর্শমাত্র অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি করে ঃ $NH_3+HCl=NH_4Cl$. (iii) অ্যামোনিয়া ক্ষারীয় পদার্থ। ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া মৃদু ক্ষার, NH_4OH গঠন করে ; জলীয় দ্রবণে

বিয়োজিত হইয়া NH_4^+ ও OH^- আয়ন উৎপন্ন করে: $NH_3+H_2O=NH_4OH$; $NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$. ইহা লাল লিটমাসকে নীলবর্ণ করে এবং বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত অ্যামোনিয়াম লবণ ও জল গঠন করে: $2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$. (iv) অ্যামোনিয়া মৃদু বিজারক পদার্থ। প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে 650°C উষ্ণতায় ইহা অক্সিজেন দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইডে জারিত হয়: $4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O$. উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করিলে বিজারণের ফলে ধাতব কপার উৎপন্ন হয়: $3CuO+2NH_3=3Cu+3H_2O+N_2$. (v) ক্লোরিন অ্যামোনিয়াকে বিশ্লিষ্ট করিয়া প্রথমে N_2 ও HCl গঠন করে; পরে HCl অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সহিত NH_4Cl উৎপন্ন করে। কিন্তু অতিরিক্ত ক্লোরিনে নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $2NH_3+3Cl_2=6HCl+N_2$; $6NH_3+6HCl=6NH_4Cl$; $2NH_3 + 6Cl_2 = 2NCl_3+6HCl$. (vi) শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস উত্তপ্ত ক্ষার ধাতুর উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে অ্যামাইড যৌগ ও H_2 উৎপন্ন করে: $2NH_3+2Na =2NaNH_2+H_2$. (vii) বিভিন্ন ধাতব লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে বিভিন্ন বর্ণের ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। কতকগুলি হাইড্রক্সাইড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত হইয়া জটিল লবণ গঠন করে। $FeCl_3+3NH_4OH =Fe(OH)_3+3NH_4Cl$. (viii) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, জিঙ্ক ক্লোরাইড প্রভৃতির সহিত ইহা যুত-যৌগ উৎপন্ন করে; যথা—$CaCl_2.8NH_3$, $ZnCl_2.2NH_3$ ইত্যাদি। (ix) নেসলার দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়া বাদামী বর্ণের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

(গ) অ্যামোনিয়া ক্ষারজাতীয় পদার্থ। ইহা H_2SO_4-এর সহিত অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং জলের উপস্থিতিতে আম্লিক P_2O_5-এর সহিত অ্যামোনিয়াম ফসফেট গঠন করে; অপরদিকে $CaCl_2$ অ্যামোনিয়া শোষণ করিয়া যুত-যৌগ $CaCl_2.8NH_3$ উৎপন্ন করে। $2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$; $6NH_3+P_2O_5+3H_2O= 2(NH_4)_3PO_4$. সুতরাং ইহাদের কোনটি দ্বারা অ্যামোনিয়া শুষ্ক করা যায় না। কিন্তু চুন ক্ষারজাতীয় বলিয়া অ্যামোনিয়ার সহিত ক্রিয়া করে না, কেবলমাত্র মিশ্রিত জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া কলিচুনে পরিণত হয়। $CaO+H_2O=Ca(OH)_2$. সেইজন্য চুন দ্বারা অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক করা হয়।

প্রশ্ন: ১৯৬। (ক) অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতি বিবৃত কর। (খ) ইহার শুষ্ককরণে কোন্ নিরুদক ব্যবহার করা হয় এবং কেন? (গ) অ্যামোনিয়ার ব্যবহার লিখ। (ঘ) লাইকার অ্যামোনিয়া কি? (ঙ) প্রমাণ কর যে অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মৌল বর্তমান।

উত্তর: (ক) ১৯৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) ১৯৫ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(গ) **ব্যবহার**—অ্যামোনিয়া (১) অ্যামোনিয়াম সালফেট, ফসফেট, নাইট্রেট এবং ইউরিয়া প্রভৃতি সার প্রস্তুতে ; (২) সোডিয়াম কার্বনেট ও নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে ; (৩) পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে এবং (৪) তৈলাক্ত দ্রব্যাদি পরিষ্কার করিতে ব্যবহৃত হয়। তরল অ্যামোনিয়া হিমায়করূপে এবং অ্যামোনিয়াম লবণ ঔষধরূপেও ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(ঘ) অ্যামোনিয়া জলে অত্যধিক দ্রবণীয় ; ইহার গাঢ় জলীয় দ্রবণকে লাইকার অ্যামোনিয়া বলে।

(ঙ) একটি শক্ত ও মোটা কাচ-নলে কালো CuO রাখিয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। নলের এক প্রান্ত দিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। নলের অপর প্রান্তে একটি নির্গম-নল যুক্ত থাকে। উত্তপ্ত অবস্থায় NH_3 ও কিউপ্রিক অক্সাইডের বিক্রিয়ায় যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা নির্গম নল দিয়া বাহির হইলে জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। $3CuO+2NH_3 =3Cu+3H_2O+N_2$. এই গ্যাস অত্যন্ত নিষ্ক্রিয় ; ইহার মধ্যে জলন্ত পাটকাঠি সঙ্গে সঙ্গে নিভিয়া যায় এবং ইহাতে ম্যাগনেসিয়াম উত্তপ্ত করিলে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়। সুতরাং, ইহা নাইট্রোজেন গ্যাস।

একটি শক্ত ও মোটা কাচের নলে সোডিয়াম রাখিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত অবস্থায় সোডিয়াম ও অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়। $2Na+2NH_3=2NaNH_2+H_2$. নির্গত গ্যাসের মধ্যে জলন্ত পাটকাঠি ধরিলে নিভিয়া যায় কিন্তু গ্যাস নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে। ইহাকে বায়ুতে দহন করিলে জল উৎপন্ন হয়। সুতরাং ইহা হাইড্রোজেন গ্যাস।

উপরোক্ত দুইটি পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হয় যে অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন আছে।

প্রশ্ন ঃ ১৯৭। পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও যে (i) বায়ুতে অ্যামোনিয়া গ্যাস দাহ্য বা দহন-সহায়ক নয়, (ii) অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা, (iii) অ্যামোনিয়া জলে অত্যধিক দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়, (iv) অ্যামোনিয়া গ্যাস অক্সিজেনে জ্বলে, (v) অ্যামোনিয়া বিজারক দ্রব্য।

উত্তর ঃ (i) একটি অ্যামোনিয়া ভর্তি গ্যাসজার উপুড় করিয়া উহার ভিতর একটি জলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করান হইল। দেখা গেল, জলন্ত পাটকাঠি নিভিয়া যায় এবং গ্যাস নিজে জ্বলে না। সুতরাং, অ্যামোনিয়া বায়ুতে দহন-সহায়ক বা দাহ্য গ্যাস নয়।

(ii) অ্যামোনিয়া-ভর্তি গ্যাস-জারের মুখের উপর একটি খালি জার বসাইয়া ঢাকনা সরান হইল। কিছুক্ষণ পরে HCl-সিক্ত একটি কাচদণ্ড উপরের জারের ভিতর প্রবেশ করাইলে ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়া HCl-এর সহিত যুক্ত হইয়া NH_4Cl-এর সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি করে : $NH_3+HCl=NH_4Cl$. সুতরাং বুঝা যায়

যে নীচের জারস্থিত অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা বলিয়া উপরের জারে চলিয়া গিয়াছে। অতএব, অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা।

(iii) একটি শুষ্ক গোল-তল ফ্লাস্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা ভর্তি করিয়া উহার মুখে কর্কের সাহায্যে স্টপ্‌ককযুক্ত একটি লম্বা কাচনল লাগান হয়। এইবার ফ্লাস্কটি উল্টাইয়া নলের মুখ লাল লিটমাস দ্রবণে ডুবাইয়া রাখা হয়। স্টপ্‌কক খুলিয়া ফ্লাস্কটি শীতল জল দিয়া ঠাণ্ডা করিলে প্রথমে কয়েক ফোঁটা লাল লিটমাস দ্রবণ নল বাহিয়া ফ্লাস্কে ঢুকিয়া অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত করিয়া নীলবর্ণ হয়। চাপ হ্রাসের ফলে লাল লিটমাস দ্রবণ বেগে ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কের ভিতর ছড়াইয়া পড়ে এবং অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে সঙ্গে সঙ্গে নীলবর্ণে পরিণত হয়। এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ হয় যে অ্যামোনিয়া জলে অত্যধিক দ্রবণীয় এবং উহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী।

(iv) একটি চওড়া কাচ-নলের একপ্রান্ত রবার কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া উহার ভিতর দুইটি সরু কাচনল প্রবেশ করান হয়; একটি নল চওড়া কাচনলের অপর খোলা মুখ পর্যন্ত এবং অপরটি কর্কের কিছু উপর পর্যন্ত পৌঁছায়। লম্বা নলের মধ্য দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া এবং ছোট নলের মধ্য দিয়া অক্সিজেন চালনা করা হয়। লম্বা নলের মুখে অ্যামোনিয়া গ্যাস জ্বালাইয়া দিলে ইহা হলুদ বর্ণের শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। দহনের ফলে নাইট্রোজেন ও জল উৎপন্ন হয়। $4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O$.

(v) একটি শক্ত ও মোটা কাচ-নলে কালো CuO রাখিয়া উহাকে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহে কিছুক্ষণ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। দেখা যায়, নলের ভিতরের কালো CuO লাল বর্ণে পরিণত হইয়াছে। এই লাল পদার্থ একটি পরীক্ষানলে লইয়া উহাতে অল্প HNO_3 মিশাইলে বাদামী বর্ণের গ্যাস নির্গত হয় এবং দ্রবণ নীলবর্ণ হয়। ইহাতে অতিরিক্ত NH_4OH মিশাইলে গাঢ় নীল দ্রবণ উৎপন্ন হয়। সুতরাং লাল অবশেষ ধাতব কপার। অ্যামোনিয়া CuO হইতে অক্সিজেন অপসারিত করিয়া উহাকে কপারে বিজারিত করে এবং নিজে নাইট্রোজেনে জারিত হয়: $2NH_3+3CuO=3Cu+3H_2O+N_2$. অতএব, অ্যামোনিয়া একটি বিজারক দ্রব্য।

প্রশ্ন: ১৯৮। কি কি অবস্থায় এবং কিভাবে অ্যামোনিয়া (i) ক্লোরিন, (ii) সিলভার নাইট্রেট, (iii) সিলভার ক্লোরাইড, (iv) মারকিউরাস ক্লোরাইড এবং (v) কপার সালফেটের সহিত ক্রিয়া করে সমীকরণসহ লিখ। (খ) নেসলার দ্রবণ কি? ইহার সহিত অ্যামোনিয়ার ক্রিয়া লিখ।

উত্তর: (ক) (i) গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণের মধ্য দিয়া ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রথমে N_2 ও HCl উৎপন্ন হয়; পরে এই HCl অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সহিত NH_4Cl গঠন করে। কিন্তু ক্লোরিন বেশী হইলে তৈলাক্ত বিস্ফোরক পদার্থ নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2NH_3+3Cl_2=6HCl+N_2\ ;\ 6NH_3+6HCl=6NH_4Cl$$

$$2NH_3+6Cl_2=2NCl_3+6HCl$$

(ii) $AgNO_3$ দ্রবণে NH_4OH যোগ করিলে প্রথমে Ag_2O-এর বাদামী বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়ে ; ইহা অতিরিক্ত NH_4OH-এ দ্রবীভূত হইয়া বর্ণহীন জটিল লবণ সিলভার অ্যামিন হাইড্রক্সাইডের দ্রবণে পরিণত হয়।

$$2AgNO_3+2NH_4OH=Ag_2O+2NH_4NO_3+H_2O$$
$$Ag_2O+4NH_3+H_2O=2[Ag(NH_3)_2]OH$$

(iii) সাদা কঠিন AgCl-এ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে উহা দ্রবীভূত হইয়া বর্ণহীন জটিল সিলভার অ্যামিন ক্লোরাইডের দ্রবণে পরিণত হয়।

$$AgCl+2NH_4OH=[Ag(NH_3)_2]Cl+2H_2O$$

(iv) মারকিউরাস ক্লোরাইড দ্রবণে NH_4OH যোগ করিলে কালো অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহা সাদা আমাইডো-মারকিউরিক ক্লোরাইড ও ধাতব মারকারির সূক্ষ্ম কালো কণার মিশ্রণ।

$$Hg_2Cl_2+2NH_4OH=Hg+Hg(NH_2)Cl+NH_4Cl+2H_2O$$

(v) $CuSO_4$ দ্রবণে NH_4OH যোগ করিলে প্রথমে ফিকে নীল ক্ষারকীয় কপার সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয় ; ইহা অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবীভূত হইয়া কিউপ্রামোনিয়াম সালফেট জটিল লবণের গাঢ় নীল দ্রবণ উৎপন্ন করে।

$$2CuSO_4+2NH_4OH=CuSO_4.Cu(OH)_2+(NH_4)_2SO_4$$
$$CuSO_4.Cu(OH)_2+(NH_4)_2SO_4+6NH_4OH$$
$$=2[Cu(NH_3)_4]SO_4+8H_2O$$

(খ) **নেসলার দ্রবণ**—মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে অতিরিক্ত KI মিশাইলে প্রথমে মারকিউরিক আয়োডাইডের লাল অধঃক্ষেপ পড়ে ; ইহা পরে দ্রবীভূত হইয়া পটাসিয়াম মারকারি আয়োডাইডের বর্ণহীন স্বচ্ছ দ্রবণে পরিণত হয়। ইহাতে সম-পরিমাণ KOH দ্রবণ যোগ করিলেই নেসলার দ্রবণ প্রস্তুত হয়।

$$HgCl_2+2KI=HgI_2+2KCl\ ;\ HgI_2+2KI=K_2[HgI_4]$$

অ্যামোনিয়া নেসলার দ্রবণের সংস্পর্শে বাদামী অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে ; অ্যামোনিয়ার পরিমাণ কম হইলে শুধুমাত্র দ্রবণের বর্ণ বাদামী হয়।

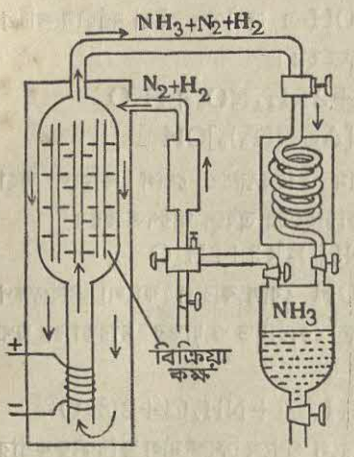
$$2K_2[HgI_4]+3KOH+NH_3=NH_2.Hg.O.Hg.I+7KI+2H_2O$$

প্রশ্ন : ১৯৯। (ক) হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার পণ্য উৎপাদনের বিশদ বিবরণ দাও। (খ) কি কি শর্তাবলীর উপর এই পদ্ধতির সাফল্য নির্ভর করে? (গ) হেবার পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন কি উপায়ে সংগৃহীত হয় লিখ।

উত্তর : (ক) অতিরিক্ত চাপে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে উপযুক্ত অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে উহারা সরাসরি যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে : $N_2+3H_2\rightleftharpoons 2NH_3+24,2000$ ক্যালরি।

1 : 3 আয়তন অনুপাতে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে 200 বায়ু-চাপে পিষ্ট করিয়া প্রথমতঃ বহিঃস্থ প্রাক্-উত্তাপক প্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া

প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে গ্যাস-মিশ্রণ বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত তাপের সাহায্যে উত্তপ্ত হইয়া পরে ক্রোম-ইস্পাত নির্মিত আভ্যন্তরীণ কেন্দ্রীয় নলাকার প্রকোষ্ঠে (বিক্রিয়া-কক্ষে) প্রবেশ করে। বহিঃস্থ প্রকোষ্ঠটি বিক্রিয়া-কক্ষকে চতুর্দিকে ঘিরিয়া থাকে। বিক্রিয়া-কক্ষে ছোট ছোট তাকের উপর পর্যাপ্ত পরিমাণে উদ্দীপক মলিবডেনাম চূর্ণ মিশ্রিত লৌহচূর্ণ অনুঘটক রাখা হয়। প্রথমে তড়িৎ প্রবাহ দ্বারা বিক্রিয়া কক্ষটি 550°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়; কিন্তু বিক্রিয়া আরম্ভ হইবার পর উদ্ভূত তাপ প্রয়োজনীয় উষ্ণতা অপরিবর্তিত রাখিলে তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করা হয়। গ্যাস মিশ্রণ এই অবস্থায় অনুঘটকের মধ্য দিয়া প্রবাহকালে ইহার সংস্পর্শে পরস্পর যুক্ত হইয়া 8-12% অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়।



চিত্র ২৭

উৎপন্ন অ্যামোনিয়া ও অবিকৃত নাইট্রোজেন-হাইড্রোজেন গ্যাস-মিশ্রণকে উচ্চ চাপে শীতল করিলে অ্যামোনিয়া তরলে পরিণত হইয়া নীচের পাত্রে সঞ্চিত হয়। পরে অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ শুষ্ক করিয়া উহাকে নূতন গ্যাসের সহিত মিশাইয়া পাম্পের সাহায্যে পুনরায় বিক্রিয়া-কক্ষে পাঠান হয়।

(খ) **শর্ত**—(i) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের আয়তনিক অনুপাত 1 : 3 হওয়া চাই এবং মিশ্রণটি বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হওয়া প্রয়োজন। (ii) বিক্রিয়াটিতে আয়তন হ্রাস পায় বলিয়া অধিক পরিমাণে অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে অতিরিক্ত চাপ প্রয়োগ অপরিহার্য। সেইজন্য হেবার পদ্ধতিতে উক্ত মিশ্রণটি 200 বায়ু-চাপে পরিচালনা করা হয়। (iii) বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক বলিয়া উহা 550°C চরম উষ্ণতায় সম্পন্ন করিবার প্রয়োজন হয়। (iv) প্রয়োজনীয় চাপ ও উষ্ণতা রাখা সত্ত্বেও অনুঘটক ছাড়া বিক্রিয়াটি সুসম্পন্ন হয় না। সাধারণতঃ উদ্দীপক মলিবডেনাম মিশ্রিত লৌহ-চূর্ণের অনুঘটক ব্যবহার করা হয়। বর্তমানে আয়রণ অক্সাইডের সহিত অল্প K_2O ও Al_2O_3 মিশাইয়া অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়। (v) বিক্রিয়াটি উভমুখী বলিয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গে উহাকে সরাইয়া লওয়া দরকার।

(গ) হেবার সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন যথাক্রমে প্রডিউসার গ্যাস ($CO+N_2$) ও জল-গ্যাস ($CO+H_2$) হইতে বস প্রণালীতে প্রস্তুত করা হয়। ইহা ছাড়া তরল বায়ুর আংশিক পাতনের সাহায্যে নাইট্রোজেন গ্যাস এবং কষ্টিক সোডা দ্রবণ বা জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হয়।

লোহিত-তপ্ত কোকের উপর বায়ু চালনা করিলে প্রডিউসার গ্যাস এবং স্টীম চালনা

করিলে জল-গ্যাস পাওয়া যায় : $C+$বায়ু$=CO+N_2$; $C+H_2O=CO+H_2$. অতঃপর প্রডিউসার গ্যাস ও জল-গ্যাস প্রয়োজনীয় অনুপাতে মিশাইয়া অতিরিক্ত স্টীম সহযোগে অনুঘটক Fe_2O_3 ও Cr_2O_3-পূর্ণ এবং 450°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে গ্যাস-মিশ্রণস্থিত কার্বন মনোক্সাইড CO_2-এ জারিত হয় : $CO_2+H_2O=CO+H_2$. এই গ্যাসে N_2, H_2, CO_2, পর্যাপ্ত স্টীম এবং সামান্য CO থাকে। ইহাকে শীতল করিয়া অতিরিক্ত চাপে জলের ভিতর দিয়া এবং পরে অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ফরমেট দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে যথাক্রমে সমস্ত CO_2 ও CO দ্রবীভূত হয় ; ফলে শুধুমাত্র N_2 ও H_2-এর মিশ্রণ পাওয়া যায়। ইহাই নিরুদকের সাহায্যে শুষ্ক করিয়া অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ২০০। (ক) বায়ুস্থিত নাইট্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়ার শিল্প-উৎপাদন পদ্ধতির নাম কি? ইহা সবিস্তারে বর্ণনা কর। (খ) হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনে চাপ, অনুঘটক ও চরম উষ্ণতার একান্ত প্রয়োজন হয় কেন?

উত্তর : (ক) বায়ুস্থিত নাইট্রোজেন প্রডিউসার গ্যাস মাধ্যমে অথবা তরল বায়ুর আংশিক পাতন-প্রক্রিয়ায় সংগ্রহ করিয়া প্রয়োজনীয় হাইড্রোজেনের সহিত মিশাইয়া হেবারের সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্প উৎপাদন করা হয়। পরে ১৯৯নং প্রশ্নোত্তরের ক ও খ অংশ দেখ।

(খ) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সরাসরি সংযুক্তিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনে আয়তন হ্রাস পায় এবং তাপের উদ্ভব ঘটে ; তদুপরি বিক্রিয়াটি উভমুখী। $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+24{,}200$ ক্যালরি। সেইজন্য লা-শাটেলীয়ারের নীতি প্রয়োগে বিক্রিয়াটি সুষ্ঠুভাবে সম্পন্ন করিয়া সর্বাধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করিতে অতিরিক্ত চাপ, চরম উষ্ণতা ও অনুঘটকের উপস্থিতির একান্ত প্রয়োজন হয়।

প্রশ্ন : ২০১। (ক) কিভাবে (i) নাইট্রোলিম ও (ii) ইউরিয়ার পণ্য উৎপাদন করা হয়? উহাদের ব্যবহার লিখ। (খ) সিন্ধ্রি সার কারখানায় কিরূপে অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত হয়? ইহার ব্যবহারিক প্রয়োগ কি?

উত্তর : (ক) (i) **নাইট্রোলিম**—সায়নামাইড পদ্ধতিতে ক্যালসিয়াম কার্বাইড হইতে নাইট্রোলিমের পণ্য উৎপাদন করা হয়। চুল্লীতে বিচূর্ণ ক্যালসিয়াম কার্বাইড রাখিয়া ইহাকে শুষ্ক নাইট্রোজেন প্রবাহে 1100°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম সায়নামাইড ও কার্বন উৎপন্ন হয় : $CaC_2+N_2=CaNCN+C$. ধূসর বর্ণের এই মিশ্রণকে নাইট্রোলিম বলে। প্রথমে তড়িৎ প্রবাহের সাহায্যে চুল্লীর উষ্ণতা 800°C রাখা হয়। কিন্তু বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক বলিয়া উদ্ভূত তাপ প্রয়োজনীয় উষ্ণতা বজায় রাখে ; সেইজন্য পরে তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ করা হয়।

নাইট্রোলিম উৎকৃষ্ট সার হিসাবে জমিতে সরাসরি ব্যবহৃত হয়।

(ii) **ইউরিয়া**—উচ্চ চাপে ও অধিক উষ্ণতায় NH_3 ও CO_2-এর সংযোগ

সাধনে ইউরিয়ার পণ্য উৎপাদন করা হয়। 3 : 1 আণবিক অনুপাতে শুষ্ক অ্যামোনিয়া ও CO_2-এর মিশ্রণকে 150 বায়ু-চাপে 200°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে প্রথমে অ্যামোনিয়াম কার্বামেট গঠিত হয়; ইহাই অধিক উষ্ণতায় নিরুদিত হইয়া ইউরিয়া উৎপন্ন করে। $2NH_3+CO_2=NH_2.COO.NH_4=CO(NH_2)_2+H_2O$. বিক্রিয়া শেষে উৎপন্ন পদার্থ জলে দ্রবীভূত করিয়া পাতিত করিলে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট ও অবিকৃত অ্যামোনিয়াম কার্বামেট দূরীভূত হয়। পরে দ্রবণকে কেলাসিত করিলে ইউরিয়া পাওয়া যায়।

ইউরিয়া জমিতে নাইট্রোজেন-ঘটিত সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া প্লাষ্টিক শিল্পে, প্লাইউড নির্মাণে, রেজিন ও ঔষধ প্রস্তুতিতে ইউরিয়ায় ব্যবহার আছে।

(খ) বিচূর্ণ জিপসাম বা $CaSO_4$ জলে প্রলম্বিত অবস্থায় রাখিয়া উহার মধ্য দিয়া প্রথমে NH_3 ও পরে CO_2 প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়; অদ্রবণীয় $CaCO_3$ অধঃক্ষেপরূপে নীচে থিতাইয়া পড়ে। ইহাকে ছাঁকিয়া দ্রবণকে গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে স্বচ্ছ অ্যামোনিয়াম সালফেটের কেলাস পাওয়া যায়। $CaSO_4+CO_2+2NH_3+H_2O=CaCO_3+(NH_4)_2SO_4$.

অ্যামোনিয়াম সালফেট নাইট্রোজেন-ঘটিত সার হিসাবে জমিতে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া পরীক্ষাগারে বিকারকরূপে এবং অ্যামোনিয়ার অন্যান্য লবণ প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন: ২০২। কয়লার অন্তর্ধূম পাতন-প্রক্রিয়ায় কিভাবে অ্যামোনিয়া উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়? অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার কি?

উত্তর: কাঁচা কয়লাতে ওজন হিসাবে প্রায় 1% নাইট্রোজেন থাকে। কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের ফলে উহাতে অবস্থিত নাইট্রোজেন উদ্বায়ী অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম লবণ রূপে অন্যান্য গ্যাসের সঙ্গে বাহির হইয়া আসে। এই গ্যাস ঠাণ্ডা করিলে অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম লবণ জলীয় দ্রবণরূপে জমা হয়; ইহাকে অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার বলে। অ্যামোনিয়াক্যাল লিকারকে ষ্টীম সহযোগে উত্তপ্ত করিলে দ্রবীভূত সমস্ত মুক্ত অ্যামোনিয়া নির্গত হয়। পরে অবশিষ্ট দ্রবণে কলিচুন মিশাইয়া আরও ষ্টীম চালনা করিলে অ্যামোনিয়াম লবণ বিযোজিত হইয়া অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া নির্গত করে। এই অ্যামোনিয়া গ্যাস জলে শোষণ করিলে লাইকার অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।

প্রশ্ন: ২০৩। (ক) নাইট্রিক অক্সাইডের পরীক্ষাগার প্রস্তুত প্রণালী বিবৃত কর। (খ) ইহার ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। (গ) নাইট্রিক অক্সাইডে জ্বলন্ত পাটকাঠি নিভিয়া যায় কিন্তু প্রজ্বলিত ম্যাগনেসিয়াম পুড়িতে থাকে কেন?

উত্তর: (ক) **প্রস্তুতি**—সাধারণ উষ্ণতায় কপারের সহিত অর্ধ-লঘু (1 : 1) নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়।

$$3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+4H_2O+2NO$$

একটি উল্ফ বোতলে অল্প কপার ছিলা লইয়া উহাতে দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া অর্ধ-লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ঢালা হয়। অ্যাসিড কপারের সংস্পর্শে আসিবামাত্র বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। প্রথমে বোতলে গাঢ় বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস সৃষ্টি করিয়া নির্গম নল দিয়া বাহিরে আসে। ইহা দূরীভূত হইলে পর বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয় এবং জল অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

(খ) **ভৌত ধর্ম**—নাইট্রিক অক্সাইড বর্ণহীন, বিষাক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী এবং জলে প্রায় অদ্রবণীয়। ইহা প্রশম অক্সাইড।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) নাইট্রিক অক্সাইড অদাহ্য গ্যাস এবং সাধারণতঃ দহন-সহায়ক নয়। জ্বলন্ত অঙ্গার, পাটকাঠি, ফসফরাস বা সালফার এই গ্যাসে নিভিয়া যায় কিন্তু উত্তমরূপে প্রজ্বলিত ফসফরাস বা ম্যাগনেসিয়াম এবং ফুটন্ত সালফার ইহাতে সহজে জ্বলিতে থাকে : $4P+10NO=2P_2O_5+5N_2$; $2Mg+2NO=2MgO+N_2$. (ii) ইহা বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিবামাত্র গাঢ় বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে : $2NO+O_2=2NO_2$. (iii) ইহা সক্রিয় অঙ্গারের উপস্থিতিতে ক্লোরিনের সহিত যুত-যৌগ নাইট্রোসিল ক্লোরাইড গঠন করে : $2NO+Cl_2=2NOCl$. ইহা সাধারণ উষ্ণতায় $FeSO_4$ দ্রবণে সহজেই দ্রবীভূত হইয়া যুত-যৌগ নাইট্রোসো-ফেরাস সালফেটের বাদামী বর্ণের দ্রবণ গঠন করে ; উত্তপ্ত করিলে ইহা পুনরায় নির্গত হয় এবং দ্রবণ বর্ণহীন হয় : $FeSO_4+NO \rightleftharpoons Fe(NO)SO_4$. (iv) নাইট্রিক অক্সাইড বিজারক পদার্থ। ইহা অ্যাসিডযুক্ত বেগুনী বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করে এবং নিজে নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হয় : $6KMnO_4+9H_2SO_4+10NO=3K_2SO_4+6MnSO_4+10HNO_3+4H_2O$.

ব্যবহার—নাইট্রিক অক্সাইড (i) চেম্বার পদ্ধতিতে H_2SO_4-এর পণ্য উৎপাদনে অনুঘটকরূপে এবং (ii) HNO_3-এর পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

(গ) নাইট্রিক অক্সাইড সাধারণতঃ দহন-সহায়ক নয় ; ইহা অত্যধিক উষ্ণতায় কোন কোন পদার্থের দহনে সহায়তা করে। কারণ 1000°C উষ্ণতায় ইহা N_2 ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয় এবং এই অক্সিজেনই পদার্থের দহনে সহায়তা করে। জ্বলন্ত পাটকাঠির উষ্ণতা কম বলিয়া ইহা নাইট্রিক অক্সাইডে নিভিয়া যায় ; কিন্তু প্রজ্বলিত ম্যাগনেসিয়ামের উষ্ণতা বেশী বলিয়া NO-এর বিযোজনের ফলে উৎপন্ন অক্সিজেনে ইহা অক্সাইড গঠন করিয়া পুড়িতে থাকে : $2Mg+2NO-2MgO+N_2$.

প্রশ্ন : ২০৪। কিভাবে পরীক্ষাগারে (ক) নাইট্রাস অক্সাইড এবং (খ) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়? উহাদের ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) নাইট্রাস অক্সাইড : প্রস্তুতি—পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়

প্রথমে বিপরিবর্ত ক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ও সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়; পরে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট নাইট্রাস অক্সাইড ও জলে বিযোজিত হয়। $(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = 2NH_4NO_3 + Na_2SO_4$; $NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$.

একটি গোলতল ফ্লাস্কে $(NH_4)_2SO_4$ ও $NaNO_3$-এর মিশ্রণ লইয়া উহাকে তারজালির উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হয় এবং ইহাকে গরম জল অপসারণ দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়। ইহাতে NO এবং জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। ইহাকে $FeSO_4$ দ্রবণ ও গাঢ় H_2SO_4-এর ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করা হয় এবং পারদ অপসারণ দ্বারা বিশুদ্ধ N_2O সংগ্রহ করা হয়।

ধর্ম—নাইট্রাস অক্সাইড বর্ণহীন, মৃদু মিষ্ট গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা $1\frac{1}{2}$ গুণ ভারী, ঠাণ্ডা জলে দ্রবণীয় কিন্তু গরম জলে অদ্রবণীয়। ইহা প্রশম অক্সাইড। শ্বাস-প্রশ্বাসের সহিত ইহা অল্প পরিমাণে গ্রহণ করিলে হাসির উদ্রেক করে; সেইজন্য ইহাকে লাফিং গ্যাস বলে। ইহা অধিক মাত্রায় গ্রহণ করিলে জ্ঞান হারাইয়া মৃত্যু পর্যন্ত হইতে পারে।

নাইট্রাস অক্সাইড দাহ্য নয় কিন্তু দহন-সহায়ক গ্যাস। ইহাতে জলন্ত অঙ্গার, পাটকাঠি, সালফার, ফসফরাস, সোডিয়াম প্রভৃতি তীব্রভাবে জলে এবং অক্সাইড যৌগে পরিণত হয়। $C + 2N_2O = CO_2 + 2N_2$; $2Na + N_2O = Na_2O + N_2$. অতএব ইহা অধিক উষ্ণতায় একটি জারক পদার্থ।

ব্যবহার—নাইট্রাস অক্সাইড দন্ত চিকিৎসা ও অস্ত্রোপচারের সময় চেতনা-নাশক রূপে ব্যবহৃত হয়।

(খ) **নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড : প্রস্তুতি**—পরীক্ষাগারে লেড নাইট্রেট উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

একটি মোটা শক্ত কাচের পরীক্ষানলে কিছু শুষ্ক ও বিচূর্ণ লেড নাইট্রেট লইয়া নির্গম-নলটি একটি U-নলের সহিত যুক্ত করা হয়। U-নলটি একটি পাত্রে হিম-মিশ্রণের মধ্যে বসাইয়া পরীক্ষানলটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে লাল বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও অক্সিজেন উৎপন্ন হইয়া নির্গম নল দিয়া বাহির হয় এবং শীতল U-নলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ঘনীভূত হইয়া ঈষৎ হলুদ বর্ণের তরলে পরিণত হয়; ইহাকে বাষ্পীভূত করিলে বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়। অক্সিজেন U-নলের খোলা মুখ দিয়া বাহির হইয়া যায়।



চিত্র ২৮

ধর্ম—নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বাদামী বর্ণের বিষাক্ত গ্যাস; হিম-মিশ্রণে ইহা হলুদ

বর্ণের তরলে পরিণত হয়। তরল ও কঠিন অবস্থায় ইহার অণুগুলি N_2O_4 রূপে থাকে।

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড দাহ্য গ্যাস নয় এবং সচরাচর দহনে সহায়তা করে না। কিন্তু উত্তমরূপে প্রজ্বলিত অঙ্গার, ফসফরাস প্রভৃতি এই গ্যাসে জ্বলে।

ইহা আম্লিক অক্সাইড। ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন করে এবং ক্ষার দ্রবণে শোষিত হইয়া নাইট্রাইট ও নাইট্রেট উভয় লবণই গঠন করে। সেইজন্য ইহাকে অ্যাসিড দুইটির মিশ্র অ্যানহাইড্রাইড বলে। $2NO_2+H_2O=HNO_2+HNO_3$; $2NaOH+2NO_2=NaNO_2+NaNO_3+H_2O$.

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য। সাধারণ উষ্ণতায় ইহা KI, CO, H_2S প্রভৃতিকে জারিত করে এবং নিজে NO-তে বিজারিত হয়। জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে ইহা SO_2-কে H_2SO_4-এ জারিত করে।

$$CO+NO_2=CO_2+NO\ ;\ H_2S+NO_2=S+H_2O+NO$$

$$SO_2+NO_2+H_2O=H_2SO_4+NO$$

ইহা গাঢ় H_2SO_4-এ শোষিত হইয়া নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়: $H_2SO_4+2NO_2=HSO_4(NO)+HNO_3$.

ব্যবহার—নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড HNO_3 প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন: ২০৫। (ক) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড, ডাই-অক্সাইড ও পেণ্টক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত করা হয়। (খ) উত্তাপ প্রয়োগে উহাদের কি পরিবর্তন ঘটে? (গ) জল ও ক্ষার দ্রবণের সহিত উহারা কিভাবে বিক্রিয়া করে?

উত্তর: (ক) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড: প্রস্তুতি—সমান ওজনের আর্সেনিয়াস অক্সাইড বা স্টার্চের সহিত ঘন 60% HNO_3 মিশাইয়া পাতিত করিলে গাঢ় লাল বর্ণের নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়; ইহা হিম-মিশ্রণে শীতল করিলে গাঢ় নীল তরলে পরিণত হয়।

$$As_2O_3+2HNO_3+2H_2O=N_2O_3+2H_3AsO_4$$

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড: প্রস্তুতি—২০৪ নং প্রশ্নোত্তরের খ অংশ দেখ।

নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড: প্রস্তুতি—একটি বকযন্ত্রে বিশুদ্ধ ও গাঢ় HNO_3 লইয়া হিম-মিশ্রণে ঠাণ্ডা করা হয়। পরে ইহাতে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড যোগ করিয়া মিশ্রণটিকে জল-গাহে বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড পাতিত হইয়া গ্রাহক-পাত্রে কমলা বর্ণের তরলরূপে সঞ্চিত হয়।

$$2HNO_3+P_2O_5=2HPO_3+N_2O_5$$

(খ) N_2O_3 খুবই অস্থায়ী বলিয়া সাধারণ উষ্ণতায় ইহার কিয়দংশ সম-আয়তন NO ও NO_2-তে বিয়োজিত হয়; উত্তাপ প্রয়োগে এই বিয়োজন সম্পূর্ণ হয়: $N_2O_3=NO+NO_2$.

কঠিন ও তরল অবস্থায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড N_2O_4 রূপে থাকে। উত্তাপ

প্রয়োগে ইহা লাল বর্ণের NO_2-তে বিয়োজিত হয় এবং 140°C উষ্ণতায় ইহার বিয়োজন সম্পূর্ণ হয়। উষ্ণতা বাড়াইলে ইহার বর্ণ ক্রমশঃ গাঢ় হয় এবং 620°C উষ্ণতায় NO_2 সম্পূর্ণরূপে ভাঙ্গিয়া NO ও O_2 গঠন করে বলিয়া গ্যাস বর্ণহীন হয়। $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 \rightleftharpoons 2NO+O_2$.

N_2O_5 তরল অবস্থায় ধীরে ধীরে এবং 50°C উষ্ণতায় বিস্ফোরণ সহযোগে ভাঙ্গিয়া N_2O_4 ও O_2 উৎপন্ন করে : $2N_2O_5=2N_2O_4+O_2$.

(গ) N_2O_3 আম্লিক অক্সাইড। ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং ক্ষার দ্রবণে নাইট্রাইট লবণ গঠন করে। সেইজন্য ইহাকে নাইট্রাস অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড বলে।

$N_2O_3+H_2O=2HNO_2$; $2NaOH+N_2O_3=2NaNO_2+H_2O$

N_2O_4—২০৪ নং প্রশ্নোত্তরের খ অংশের ধর্ম দেখ।

N_2O_5 আম্লিক অক্সাইড। ইহা হিস্ হিস্ শব্দে জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং ক্ষার দ্রবণের সহিত নাইট্রেট লবণ গঠন করে। সেইজন্য ইহাকে নাইট্রিক অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড বলে।

$N_2O_5+H_2O=2HNO_3$; $2NaOH+N_2O_5=2NaNO_3+H_2O$

প্রশ্ন ঃ ২০৬। (ক) কিভাবে পরীক্ষাগারে নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। (খ) ইউরিয়ার সহিত ইহার বিক্রিয়া কি ? (গ) 'নাইট্রাস অ্যাসিডের জারণ ও বিজারণ গুণ দুই-ই আছে'—উপযুক্ত সমীকরণসহ ইহা প্রমাণ কর।

উত্তর ঃ (ক) হিম-শীতল বেরিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণে শীতল ও লঘু H_2SO_4 যোগ করিলে বিক্রিয়ার ফলে বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে নাইট্রাস অ্যাসিড থাকে। $BaSO_4$ ছাঁকিয়া পৃথক করিলে নাইট্রাস অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়। $Ba(NO_2)_2+H_2SO_4=BaSO_4+2HNO_2$.

(খ) নাইট্রাস অ্যাসিডের সহিত ইউরিয়া উত্তপ্ত করিলে বিযোজনের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে : $CO(NH_2)_2+2HNO_2=CO_2+2N_2+3H_2O$.

(গ) নাইট্রাস অ্যাসিড আম্লিক $KMnO_4$ ও $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ এবং ব্রোমিন ও ক্লোরিন জলকে বিজারিত করে এবং নিজে জারিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। $2KMnO_4+5HNO_2+3H_2SO_4=K_2SO_4+2MnSO_4+5HNO_3+3H_2O$; $Br_2+HNO_2+H_2O=HNO_3+2HBr$.

অপরদিকে, নাইট্রাস অ্যাসিড আম্লিক ফেরাস লবণ ও KI কে যথাক্রমে ফেরিক লবণ ও মুক্ত আয়োডিনে জারিত করে এবং নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়।

$$2FeSO_4+2HNO_2+H_2SO_4=Fe_2(SO_4)_3+2H_2O+2NO$$

$$2KI+2HNO_2+H_2SO_4=I_2+K_2SO_4+2H_2O+2NO$$

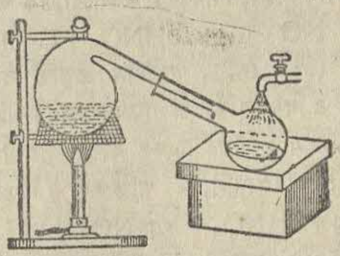
উপরোক্ত বিক্রিয়াসমূহ হইতে প্রমাণিত হয় যে নাইট্রাস অ্যাসিডের জারণ ও বিজারণ গুণ দুই-ই আছে।

প্রশ্ন : ২০৭। (ক) নাইট্রিক অ্যাসিডের পরীক্ষাগার প্রস্তুত প্রণালী চিত্রসহ বর্ণনা কর। (খ) কিভাবে ইহা বিশুদ্ধ করা হয়? (গ) নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে HCl ব্যবহৃত হয় না কেন? (ঘ) নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম ও ব্যবহার লিখ। (ঙ) ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড কি?

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রেটকে গাঢ় H_2SO_4-এর সঙ্গে পাতিত করিয়া পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$

কাচের ছিপিযুক্ত একটি বকযন্ত্রে সম-পরিমাণে সোডিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় H_2SO_4 লইয়া উহার গলা একটি গ্রাহক-পাত্রের ভিতর রাখিয়া পাত্রটিকে শীতল জলধারায় ঠাণ্ডা করা হয়। বকযন্ত্রটি তারজালির উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং বাষ্পাকারে গ্রাহক-পাত্রে আসিয়া শীতল ও ঘনীভূত হইয়া ঈষৎ হলুদ বর্ণের তরলরূপে সঞ্চিত হয়। বকযন্ত্রে সোডিয়াম বাই-সালফেট অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে।



চিত্র ২৯

(খ) **বিশুদ্ধিকরণ**—এইভাবে উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডে কিছু জল ও N_2O_4 দ্রবীভূত থাকে বলিয়া অ্যাসিডের বর্ণ হলুদ হয়। ইহাকে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে কম চাপে পুনঃ পাতিত করিলে 98% নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। পরে এই অ্যাসিডের ভিতর দিয়া উষ্ণ (60°C) বায়ুপ্রবাহ দ্বারা দ্রবীভূত N_2O_4 বাষ্পীভূত করিলেই বিশুদ্ধ বর্ণহীন HNO_3 উৎপন্ন হয়।

(গ) গাঢ় HCl ও ধাতব নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলেও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। কিন্তু HCl ও HNO_3 উভয়েই উদ্বায়ী; অধিকন্তু HCl বিজারক পদার্থ বলিয়া সহজেই HNO_3-কে বিজারিত করে; ইহাতে উৎপন্ন HNO_3-এর একাংশ বিশ্লিষ্ট হইয়া নষ্ট হয় এবং উদ্ভূত গ্যাসগুলি ইহাতে দ্রবীভূত হইয়া অবিশুদ্ধ করে। এই কারণে HNO_3 প্রস্তুতিতে কখনও HCl ব্যবহার করা হয় না। স্থায়ী ও অনুদ্বায়ী H_2SO_4 ব্যবহারে এইরূপ কোন অসুবিধা হয় না।

(ঘ) **ভৌত ধর্ম**—বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড বর্ণহীন, ধূমায়মান, উদ্বায়ী জলাকর্ষী তরল। ইহার ঘনত্ব 1·52 এবং স্ফুটনাঙ্ক 86°C. ইহা জলে যে-কোন অনুপাতে মিশে। ইহা তীব্র ক্ষয়কারী এবং চামড়াকে হলুদ বর্ণ করে।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) নাইট্রিক অ্যাসিড তীব্র এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহা জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয় এবং নীল লিটমাসকে লালবর্ণ করে : $HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$. ইহা ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন করে এবং

কার্বনেট লবণ হইতে CO_2 নির্গত করে। $NaOH+HNO_3=NaNO_3+H_2O$; $Na_2CO_3+2HNO_3=2NaNO_3+H_2O+CO_2$.

(ii) উত্তাপ প্রয়োগে নাইট্রিক অ্যাসিড জল, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয় : $4HNO_3=4NO_2+2H_2O+O_2$.

(iii) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য ; জারণ ক্রিয়ায় HNO_3 বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডে পরিণত হয়। উত্তপ্ত অ্যাসিড কার্বনকে CO_2-এ জারিত করে : $C+4HNO_3=CO_2+4NO_2+2H_2O$. অধাতব সালফার, ফসফরাস ও আয়োডিন গাঢ় HNO_3-এর সহিত ফুটাইলে যথাক্রমে সালফিউরিক, ফসফরিক ও আয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $S+2HNO_3=H_2SO_4+2NO$; $4P+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_2$.

(iv) গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতু ছাড়া সকল ধাতুই নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব নাইট্রেট গঠন করে এবং উষ্ণতা, অ্যাসিডের ঘনত্ব প্রভৃতির তারতম্যের উপর নির্ভর করিয়া নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। ম্যাগনেসিয়াম অতি লঘু ও শীতল অ্যাসিডের সহিত হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে : $Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2$. গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে, $Zn+4HNO_3=Zn(NO_3)_2+2H_2O+2NO_2$; ঠাণ্ডা ও অর্ধ-লঘু অ্যাসিডে, $3Zn+8HNO_3=3Zn(NO_3)_2+4H_2O+2NO$; ঠাণ্ডা ও লঘু অ্যাসিডে, $4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+5H_2O+N_2O$; ঠাণ্ডা ও অতি লঘু অ্যাসিডে, $4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+3H_2O+NH_4NO_3$.

(v) নাইট্রিক অ্যাসিড KI, SO_2, H_2S প্রভৃতি যৌগকে জারিত করিয়া যথাক্রমে I_2, H_2SO_4 ও S উৎপন্ন করে। $6KI+8HNO_3=6KNO_3+4H_2O+2NO+I_2$; $3H_2S+2HNO_3=3S+4H_2O+2NO_3$. তার্পিন তেল, অ্যালকোহল প্রভৃতি জৈব যৌগ অ্যাসিডের সংস্পর্শে জারিত হইয়া জ্বলিয়া উঠে।

(vi) কোন কোন জৈব পদার্থ HNO_3-এর সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রো-যৌগ উৎপন্ন করে : $C_6H_6+HNO_3=C_6H_5.NO_2+H_2O$.

ব্যবহার—নাইট্রিক অ্যাসিড (১) নাইট্রো-গ্লিসারিণ, পিকরিক অ্যাসিড, টি-এন-টি প্রভৃতি বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে ; (২) সালফিউরিক অ্যাসিড ও বিভিন্ন নাইট্রেট লবণের পণ্য উৎপাদনে ; (৩) কৃত্রিম রং, রেশম, সার, প্লাষ্টিক, সেলুলয়েড প্রভৃতি প্রস্তুতে এবং (৪) ধাতু বিগলনে ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবেও নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(৬) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে NO_2 সহজেই দ্রবীভূত থাকিয়া বাদামী বর্ণের দ্রবণ সৃষ্টি করে। ইহাকে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড বলে। ইহার জারণ-ক্ষমতা খুব বেশী। গাঢ় HNO_3-এ সামান্য স্টার্চ বা আর্সেনিয়াস অক্সাইড মিশাইয়া পাতিত করিলে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

প্রশ্ন : ২০৮। উপযুক্ত পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও যে (ক) নাইট্রিক

অ্যাসিড একটি জারক দ্রব্য এবং (খ) ইহাতে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আছে।

উত্তর : (ক) একটি পরীক্ষানলে সালফার-চূর্ণ ও গাঢ় HNO_3-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হয়। বাদামী ধোঁয়া নির্গত হওয়া বন্ধ হইলে মিশ্রণে পাতিত জল মিশাইয়া লঘু করিয়া পরিস্রুত করা হয়। এই দ্রবণে লঘু HCl মিশাইয়া $BaCl_2$ দ্রবণ ঢালিলে $BaSO_4$-এর সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিড আছে। এক্ষেত্রে সালফার HNO_3 দ্বারা SO_3-এ জারিত হইয়া জলের সহিত H_2SO_4 উৎপন্ন করে। $S+2HNO_3=H_2SO_4+2NO$; $H_2SO_4+BaCl_2=BaSO_4+HCl$. অতএব নাইট্রিক অ্যাসিড একটি জারক দ্রব্য।

(খ) (i) শীতল ও অতি লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ম্যাগনেসিয়ামের সহিত বিক্রিয়ায় যে গ্যাস উৎপন্ন করে তাহা আগুনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে এবং অক্সিজেনে পোড়াইলে জল গঠন করে। $Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2$. অতএব ইহা হাইড্রোজেন। (ii) উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প প্রবাহিত করিলে যে গ্যাস পাওয়া যায় উহাতে জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে কাঠিটি নিভিয়া যায় এবং উহা উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা শোষিত হয়। $5Cu+2HNO_3=5CuO+H_2O+N_2$. সুতরাং ইহা নাইট্রোজেন। (iii) উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা ফেলিয়া উৎপন্ন গ্যাসকে হিম-মিশ্রে আবৃত U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিবার পর নলের অপর মুখ দিয়া যে গ্যাস নির্গত হয় উহাতে শিখাহীন দীপ্ত পাটকাঠি উজ্জ্বলভাবে জ্বলে, উহা বর্ণহীন NO গ্যাসের সহিত বাদামী বর্ণ হয় এবং ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে শোষিত হয়। $4HNO_3=4NO_2+2H_2O+O_2$. অতএব ইহা অক্সিজেন।

এইভাবে প্রমাণ করা যায় যে নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আছে।

প্রশ্ন : ২০৯। (ক) বিভিন্ন ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া বিভিন্ন হয় কেন? ইহাতে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয়? (খ) বিভিন্ন অবস্থায় (i) কপার, (ii) জিঙ্ক, (iii) আয়রণ ও (iv) ম্যাগনেসিয়ামের উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া কি?

উত্তর : (ক) বিভিন্ন ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া বিভিন্ন; কারণ ইহাতে অ্যাসিড-ধর্ম ও জারণ-ক্ষমতা দুই-ই ক্রিয়া করে। গোল্ড ও প্লাটিনাম নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে না। কেবল ম্যাগনেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ শীতল ও অতি লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রেট লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। অন্যান্য ধাতুগুলি নাইট্রেট লবণ এবং নাইট্রোজেনের কোন অক্সাইড বা অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট গঠন করে; প্রকৃতপক্ষে এই বিক্রিয়াসমূহ নাইট্রিক অ্যাসিডের ঘনত্ব, উষ্ণতা ও ধাতুর প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। সাধারণতঃ গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে NO_2, অর্ধ-লঘু ও ঠাণ্ডা

অ্যাসিডে NO এবং অতি লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে N_2O বা NH_4NO_3 পাওয়া যায়। উত্তপ্ত কপার ও নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে।

(খ) (i) **কপারের সহিত বিক্রিয়া—**

গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিড : $Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2H_2O+2NO_2$

অর্ধ-লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিড : $3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+4H_2O+2NO$

অতি লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিড : $4Cu+10HNO_3=4Cu(NO_3)_2+5H_2O+2NO$

তপ্ত ধাতু ও অ্যাসিড বাষ্প : $5Cu+2HNO_3=5CuO+H_2O+N_2$

(ii) **জিঙ্কের সহিত বিক্রিয়া**—২০৭ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(iii) **আয়রণের সহিত বিক্রিয়া—**

গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিড : $Fe+6HNO_3=Fe(NO_3)_3+3H_2O+3NO_2$

অতি লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিড : $4Fe+10HNO_3=4Fe(NO_3)_2+3H_2O+NH_4NO_3$

বিশুদ্ধ আয়রণ অতি গাঢ় বা ধূমায়মাণ নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত না হইয়া নিষ্ক্রিয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

(iv) **ম্যাগনেসিয়ামের সহিত বিক্রিয়া**—২০৭ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ২১০। (ক) অম্লরাজ কি? (খ) ইহা গোল্ড ধাতুকে কি উপায়ে দ্রবীভূত করে তাহা সমীকরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও। (গ) নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণ কিরূপে সনাক্ত করা হয়? বলয় পরীক্ষা কি? (ঘ) সোডিয়াম নাইট্রেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ও লেড নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে কি ফল হয়?

উত্তর : (ক) গোল্ড বা প্লাটিনাম নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 1 : 3 আয়তনের মিশ্রণ উহাদিগকে দ্রবীভূত করে। এই দ্রবণকে অম্লরাজ বলে।

(খ) অম্লরাজ দ্রবণে নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া জায়মান ক্লোরিন উৎপন্ন করে। ইহাই গোল্ডের সহিত সংযোগে ক্লোরাইড যৌগ গঠন করিয়া অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। $3HCl+HNO_3=2H_2O+NOCl+2Cl$; $Au+3Cl=AuCl_3$; $AuCl_3+HCl=HAuCl_4$.

(গ) (i) একটি পরীক্ষানলে নাইট্রিক অ্যাসিড (বা নাইট্রেট লবণ) লইয়া উহাতে গাঢ় H_2SO_4 ও কপার ছিলা মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে গাঢ় বাদামী বর্ণের গ্যাস (NO_2) নির্গত হয়। $Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2H_2O+2NO_2$.

(ii) একটি পরীক্ষানলে নাইট্রিক অ্যাসিড (বা নাইট্রেট লবণ)-এর দ্রবণ লইয়া উহাতে সম-আয়তন গাঢ় H_2SO_4 ধীরে ধীরে যোগ করিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। পরে নলের গা বাহিয়া সদ্য প্রস্তুত $FeSO_4$ দ্রবণ উহাতে যোগ করিলে দ্রবণের সংযোগস্থলে

বাদামী বর্ণের বলয় বা চক্র সৃষ্টি হয়। ইহাকে বলয় পরীক্ষা বলে। এক্ষেত্রে নাইট্রিক অ্যাসিড $FeSO_4$ দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইডে জারিত হয়। ইহাই অতিরিক্ত $FeSO_4$-এর সহিত বাদামী বর্ণের যুত-যৌগ $Fe(NO)SO_4$ গঠন করে। $6FeSO_4+3H_2SO_4+2HNO_3=3Fe_2(SO_4)_3+4H_2O+2NO$; $FeSO_4+NO=Fe(NO)SO_4$.

(ঘ) সোডিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে বিযোজিত হইয়া সোডিয়াম নাইট্রাইট উৎপন্ন করে এবং অক্সিজেন নির্গত হয় : $2NaNO_3=2NaNO_2+O_2$.

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উত্তাপে বিযোজিত হয় এবং নাইট্রাস অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে : $NH_4NO_3=N_2O+2H_2O$.

উত্তাপে লেড নাইট্রেট ভাঙ্গিয়া হলুদ লেড মনোক্সাইডে পরিণত হয় এবং গাঢ় বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাস ও O_2 নির্গত করে : $2Pb(NO_3)_2=2PbO+4NO_2+O_2$.

প্রশ্ন : ২১১। (ক) নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কিরূপে (i) অ্যামোনিয়া, (ii) নাইট্রোজেন, (iii) নাইট্রাস অক্সাইড, (iv) নাইট্রিক অক্সাইড, (v) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড, (vi) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, (vii) নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড পাওয়া যায়? (খ) কিরূপে (i), (iv), (v), (vi), (vii) যৌগগুলিকে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়?

উত্তর : (ক) (i) নাইট্রিক অ্যাসিডে NaOH মিশাইয়া উহাকে $NaNO_3$-এ পরিণত করা হয়। এই দ্রবণে অতিরিক্ত গাঢ় NaOH দ্রবণ ও জিঙ্ক-চূর্ণ যোগ করিয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয়। $NaNO_3$ জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

$$HNO_3+NaOH=NaNO_3+H_2O$$

$$NaNO_3+4Zn+7NaOH=4Na_2ZnO_2+2H_2O+NH_3$$

(ii) একটি শক্ত ও মোটা কাচনলে ধাতব কপার রাখিয়া উহাকে নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প প্রবাহে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়।

$$5Cu+2HNO_3=5CuO+H_2O+N_2$$

(iii) নাইট্রিক অ্যাসিড ও HCl মিশ্রিত $SnCl_2$ দ্রবণ মিশাইয়া ফুটাইলে N_2O গ্যাস উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে $SnCl_2$ দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড N_2O-তে বিজারিত হয়।

$$2HNO_3+4SnCl_2+8HCl=4SnCl_4+5H_2O+N_2O$$

(iv) ২০৩ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(v) ২০৫(ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(vi) কপার ছিলার সহিত গাঢ় HNO_3 মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। ইহাকে হিম-মিশ্রণে রক্ষিত U-নলের মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত করাইলে ঘনীভূত হইয়া পাতলা হলুদ বর্ণের তরলে পরিণত হয়।

$$Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2H_2O+2NO_2$$

(vii) ২০৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডকে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করিবার জন্য ২১৩ নং প্রশ্নোত্তরের অসওয়াল্ড পদ্ধতির নীতি দেখ। (v) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস অ্যাসিডের দ্রবণে পরিণত হয়। ইহা বিযোজিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও NO উৎপন্ন করে। $N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2$; $3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO$. (vii) নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড গঠন করে : $N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$.

প্রশ্ন : ২১২। (ক) চিলি সল্টপিটার হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প উৎপাদন বর্ণনা কর। অথবা, পাতন পদ্ধতিতে কিভাবে নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন করা হয়। (খ) নাইট্রিক অ্যাসিড বা উহার কোন লবণ হইতে কিভাবে (i) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও (ii) অক্সিজেন পাওয়া যায় সমীকরণসহ লিখ।

উত্তর : (ক) চিলি সল্ট-পিটার (সোডিয়াম নাইট্রেট)-এর সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড পাতিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন করা হয়।

একটি ঢালাই লোহার বকযন্ত্রে চিলি সল্ট-পিটার এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড 3 : 2 আণবিক অনুপাতে লইয়া ইষ্টক-নির্মিত চুল্লীতে রাখা হয়। চুল্লী হইতে উত্তপ্ত গ্যাস বকযন্ত্রের চতুর্দিকে প্রবাহিত হইয়া উহাকে সমভাবে 200° – 250°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে। সোডিয়াম নাইট্রেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড, সোডিয়াম সালফেট ও বাই-সালফেট উৎপন্ন হয় : $3NaNO_3 + 2H_2SO_4 = Na_2SO_4 + NaHSO_4 + 3HNO_3$. নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প বকযন্ত্রের নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া প্রথমে একটি পাথরের উল্ফ বোতলে এবং পরে কতকগুলি মাটির শীতল-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয়। ফলে বাষ্পের উষ্ণতা হ্রাস পাইয়া তরল নাইট্রিক অ্যাসিড রূপে উল্ফ বোতলে ও শীতক-নলে ঘনীভূত হয়। এই সকল শীতক-নল এবং উল্ফবোতল হইতে তরলিত অ্যাসিড বাহিয়া আসিয়া নীচের পাথরের গ্রাহকে সঞ্চিত হয়। সর্বশেষে নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প একটি ইষ্টক-পূর্ণ সুউচ্চ শোষক-স্তম্ভের তলদেশ দিয়া ভিতর প্রবেশ করে এবং স্তম্ভের উপর হইতে জলধারা ফেলা হয়। ফলে নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প এবং বিযোজনের ফলে উৎপন্ন নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া লঘু অ্যাসিড হিসাবে স্তম্ভের নীচে সঞ্চিত হয়।



চিত্র ৩০

$4NO_2+O_2+2H_2O=4HNO_3$. এইভাবে 96% বিশুদ্ধ HNO_3 পাওয়া যায়।

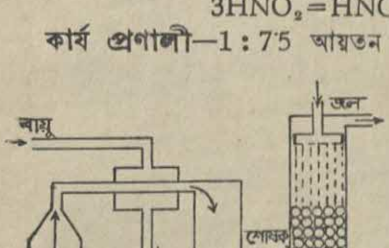
(খ) উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর গাঢ় HNO_3 ফোঁটা ফোঁটা ফেলিলে অথবা একটি মোটা শক্ত কাচ-নলে বিচূর্ণ লেড নাইট্রেট লইয়া উত্তপ্ত করিলে উহা বিশ্লিষ্ট হইয়া বাদামী বর্ণের গ্যাসরূপে নির্গত হয়। ইহাকে হিম-মিশ্রণে আবৃত U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে শীতল U-নলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ঘনীভূত হইয়া ঈষৎ হলুদ বর্ণের তরলে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন নলের খোলা মুখ দিয়া নির্গত হয়। ইহাকে জল অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। এইভাবে HNO_3 বা উহার লবণ হইতে NO_2 এবং O_2 দুই-ই পাওয়া যায়। $4HNO_3=4NO_2+2H_2O+O_2$; $2Pb(NO_3)_2=2PbO+4NO_2+O_2$.

প্রশ্ন : ২১৩। (ক) অসওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনের নীতি ও কার্য-প্রণালী বর্ণনা কর। অথবা, **অ্যামোনিয়া হইতে কিভাবে শিল্পের নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় তাহা সবিস্তারে লিখ। (খ) এই পদ্ধতি কি কি শর্তাবলীর উপর নির্ভরশীল।**

উত্তর : (ক) **অসওয়াল্ড পদ্ধতি** বা **অ্যামোনিয়া জারণ পদ্ধতি : নীতি**—অ্যামোনিয়া ও বায়ুর মিশ্রণকে উপযুক্ত অনুঘটকের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া বায়ুস্থিত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। পরে নাইট্রিক অক্সাইড অতিরিক্ত বায়ুতে স্বাভাবিক উষ্ণতায় স্বতঃই জারিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে ; ইহাই জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পরিশেষে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$4NH_3+5O_2 \rightleftharpoons 4NO+6H_2O+2{,}15000 \text{ ক্যালরি}$$
$$2NO+O_2=2NO_2 \;;\; 2NO_2+H_2O=HNO_3+HNO_2$$
$$3HNO_2=HNO_3+2NO+H_2O$$

কার্য প্রণালী—1 : 7·5 আয়তন অনুপাতে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অ্যামোনিয়া এবং প্রাক্-উত্তপ্ত (500°C) বায়ুর মিশ্রণকে অ্যালুমিনিয়াম নির্মিত বিক্রিয়া-কক্ষের ভিতর নীচের দিক হইতে প্রবেশ করান হয়। গোল স্তম্ভাকৃতি বিক্রিয়া কক্ষটির মাঝখানে প্লাটিনামের সরু তারজালি রাখিয়া প্রথমে তড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা 700°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় এবং ইহার ভিতর দিয়া অ্যামোনিয়া ও বায়ুর মিশ্রণটিকে অতি দ্রুত চালিত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত তাপ প্লাটিনাম তার-জালির চরম উষ্ণতা বজায় রাখে। ইহাতে 90%-এর বেশী অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে জারিত হয়।



চিত্র ৩১

বিক্রিয়া-কক্ষের উপরের দিক হইতে নির্গত নাইট্রিক অক্সাইড, জলীয় বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণকে দ্রুত 50°C উষ্ণতায় শীতল করা হয় এবং ইহার সহিত বায়ু মিশাইয়া একটি শূন্য কক্ষের ভিতর দিয়া চালনা করা হয় ; এই কক্ষে নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। অতঃপর এই গ্যাস পাথর কুচি ভর্তি একটি শোষক-স্তম্ভের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া উপর হইতে শীতল জলধারা ফেলা হয়। ইহাতে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং স্তম্ভের নীচে সঞ্চিত হয়। ইহাতে 61-65% নাইট্রিক অ্যাসিড থাকে। এই লঘু অ্যাসিডকে গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত মিশাইয়া পাতিত করিলে 98% গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(খ) **শর্ত**—(i) অ্যামোনিয়া ও বায়ুর আয়তনিক অনুপাত 1 : 7·5 হওয়া চাই এবং মিশ্রণটি বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হওয়া প্রয়োজন। (ii) বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক বলিয়া লা-শাটেলীয়ায়ের নীতি অনুসারে উহা 650° – 700°C চরম উষ্ণতায় সম্পন্ন করা প্রয়োজন। (iii) প্রয়োজনীয় চরম উষ্ণতা সত্ত্বেও অনুঘটক ছাড়া বিক্রিয়াটি সুসম্পন্ন হয় না। সেইজন্য প্লাটিনামের সরু তার-জালি অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (iv) অ্যামোনিয়া ও বায়ুর মিশ্রণটি অনুঘটকের উপর দিয়া দ্রুত পাঠান প্রয়োজন ; অনুঘটকের সহিত মিশ্রণটির স্পর্শ সময় $\frac{1}{100}$ সেকেণ্ড মাত্র হওয়া চাই।

প্রশ্ন : ২১৪। (ক) বহুরূপতা কাহাকে বলে ? (খ) কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও এবং উহাদের ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) যে গুণের জন্য একটি মৌলিক পদার্থ ভিন্ন ভিন্ন রূপে বর্তমান থাকিয়া বিভিন্ন ধর্মসম্পন্ন হয় তাহাকে বহুরূপতা বলে। একই মৌলের এই বিভিন্ন রূপকে রূপভেদ বলে। মৌলের অণুতে পরমাণুর বিভিন্ন সংখ্যা এবং উহার বিন্যাসের বিভিন্নতার জন্য রূপভেদের সৃষ্টি হয়। অধাতব মৌলের ক্ষেত্রে সাধারণতঃ বহুরূপতা দেখা যায়। অক্সিজেন, কার্বন, সালফার ও ফসফরাসের একাধিক রূপভেদ আছে।

(খ) কার্বনের রূপভেদ মূলতঃ দুই প্রকার—স্ফটিকাকার ও অনিয়তাকার। হীরক ও গ্রাফাইট স্ফটিকাকার এবং অঙ্গার, কোক, ভূসা কালি ও গ্যাস কার্বন অনিয়তাকার। উৎপত্তিভেদে অঙ্গার উদ্ভিজ্জ ও প্রাণিজ হইতে পারে।

হীরক বা **ডায়মণ্ড**—দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রেজিল, রাশিয়ার ইউরাল পর্বতমালা ও ভারতের গোলকুণ্ডায় হীরক পাওয়া যায়। বিশুদ্ধ হীরক উজ্জ্বল, স্বচ্ছ ও বর্ণহীন। ইহা অষ্টভূজ স্ফটিক এবং সর্বাপেক্ষা শক্ত পদার্থ, ঘনত্ব 3·52. ইহা অত্যন্ত নিষ্ক্রিয় এবং তড়িৎ ও তাপ অপরিবাহী। ইহার মধ্য দিয়া রঞ্জন-রশ্মি অতিক্রম করে। ইহা গলিত Na_2CO_3 দ্বারা ধীরে ধীরে আক্রান্ত হইয়া CO উৎপন্ন করে : $Na_2CO_3+C=Na_2O+2CO$. বিজ্ঞানী মঁসা বিশুদ্ধ কার্বন হইতে কৃত্রিম উপায়ে হীরকের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা প্রস্তুত করেন। প্রাকৃতিক হীরকের মত ইহার মূল্য নাই।

হীরক রত্ন হিসাবে এবং কাচ, রত্ন পাথর ও অন্যান্য কঠিন বস্তু কাটিতে ব্যবহৃত হয়। হীরক-চূর্ণ পালিসের কাজে লাগে।

গ্রাফাইট—সিংহল, সাইবেরিয়া, যুক্তরাজ্য ও ইতালীতে গ্রাফাইট পাওয়া যায়। অ্যাকেসন পদ্ধতিতে কৃত্রিম উপায়ে ইহা প্রস্তুত করা হয়। গ্রাফাইট ধূসর বর্ণের নরম চক্চকে ও তৈলাক্ত ষড়ভুজ স্ফটিক, ঘনত্ব 2·2. ইহার ধাতুর মত দ্যুতি আছে। ইহা কাগজে দাগ কাটে এবং তাপ ও তড়িৎ পরিবহণ করে। অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে ইহা CO_2 উৎপন্ন করে।

তড়িৎ-চুল্লীতে ও অনেক তড়িৎ-বিশ্লেষণে গ্রাফাইট দণ্ড তড়িৎ-দ্বার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা পেন্সিলের সীসরূপে, পিচ্ছিলকারক উপাদান হিসাবে এবং উচ্চ তাপবাহী খর্পর, তড়িৎ-চুল্লী ও শুষ্ক ব্যাটারী প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

উদ্ভিজ্জ অঙ্গার বা **কাঠকয়লা**—কাঠের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে উদ্বায়ী পদার্থ নির্গত হইয়া গেলে যে কালো অবশেষ পড়িয়া থাকে, তাহাই উদ্ভিজ্জ অঙ্গার। চিনির অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা বা চিনি ও গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ শর্করা অঙ্গার পাওয়া যায়।

অঙ্গার কালো নরম অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। ইহার ঘনত্ব 1·4—1·9, কিন্তু ইহা অত্যধিক সচ্ছিদ্র বলিয়া জলে ভাসে। ইহার বহির্ধৃতি ক্ষমতা খুব বেশী। ইহা বিভিন্ন গ্যাস শোষন করিতে পারে ; কিন্তু উত্তপ্ত করিলেই ঐ শোষিত গ্যাস পুনরায়

নির্গত হয়। ইহা তাপ বা তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম। ইহা রঙিণ তরলকে বর্ণহীন করে। অঙ্গার উত্তম বিজারক পদার্থ। উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা ধাতব অক্সাইডকে ধাতুতে, স্টীমকে হাইড্রোজেনে এবং CO_2-কে কার্বন মনোক্সাইডে বিজারিত করে। $CuO+C=Cu+CO$; $H_2O+C=H_2+CO$; $CO_2+C=2CO$. উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4 বা HNO_3 দ্বারা ইহা CO_2-এ জারিত হয়। $C+2H_2SO_4=CO_2+SO_2+2H_2O$; $C+4HNO_3=CO_2+4NO_2+2H_2O$. ইহা উচ্চ উষ্ণতায় সালফার, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন এবং ক্যালসিয়াম, আয়রণ প্রভৃতি ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে কার্বন ডাই-সালফাইড, সায়ানোজেন, অ্যাসিটিলিন এবং ধাতব কার্বাইড গঠন করে। $C+2S=CS_2$; $2C+N_2=(CN)_2$; $2C+H_2=C_2H_2$; $Ca+2C=CaC_2$; $3Fe+C=Fe_3C$.

অঙ্গার জ্বালানীরূপে, ধাতু নিষ্কাশনে বিজারকরূপে এবং গ্যাস-মুখোসে বিষাক্ত গ্যাস শোষকের উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া বারুদ ও কালো রং প্রস্তুতিতে এবং তরল পদার্থের দুর্গন্ধ, রং ও বিস্বাদ অপসারণে অঙ্গারের ব্যবহার আছে।

ভূসা-কালি—কেরোসিন, তার্পিন তেল পেট্রোলিয়াম, বেঞ্জিন প্রভৃতি কার্বনবহুল জৈব যৌগ সীমিত বায়ুতে পোড়াইয়া নির্গত ধূম ঠাণ্ডা পাত্রে জমাইলে ভূসা-কালি উৎপন্ন হয়। ইহা অনিয়তাকার এবং তাপ ও তড়িৎ পরিবহণ করে না। ইহা ছাপার কালি, জুতার কালি এবং কালো পালিশে ও রং প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

কোক ও গ্যাস-কার্বন—প্রকৃতি-জাত কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের সময় উদ্বায়ী পদার্থ নির্গত হইবার কালে বকযন্ত্রের উপরিভাগে শীতল অংশে কিছু কার্বন ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া জমা হয় এবং নীচে অবশেষরূপে কালো অনুদ্বায়ী কার্বন পড়িয়া থাকে। ইহাদিগকে যথাক্রমে গ্যাস-কার্বন ও কোক বলে। কোক তাপ ও তড়িৎ পরিবহণ করে না। ইহা ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক ও জ্বালানীরূপে এবং দাহ্য জল-গ্যাস ও প্রডিউসার গ্যাসের পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

গ্যাস-কার্বন শক্ত কালো কঠিন পদার্থ। ইহা বিশুদ্ধ কার্বন, ঘনত্ব 2·55 এবং তাপ ও তড়িৎ পরিবাহী। গ্যাস-কার্বন তড়িৎ-বিশ্লেষণে, আর্ক-আলো ও তড়িৎ-চুল্লীতে তড়িৎ-দ্বাররূপে এবং অনেক ব্যাটারীতে ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত হয়। লিখিবার পেন্সিল প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার আছে।

প্রশ্ন : ২১৫। (ক) কৃত্রিম উপায়ে (i) হীরক ও (ii) গ্রাফাইট প্রস্তুতির মূলনীতি বর্ণনা কর। (খ) বিশুদ্ধ অঙ্গার ও সক্রিয় অঙ্গার কি? (গ) আইভরি ব্ল্যাক কাহাকে বলে? ইহার ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) (i) বিজ্ঞানী ম'সা কৃত্রিম উপায়ে হীরক প্রস্তুত করেন। লৌহ-চূর্ণ ও শর্করা অঙ্গারের মিশ্রণ তড়িৎ-চুল্লীতে প্রায় 3000°C উষ্ণতায় গলাইয়া মিশ্রণটিকে হঠাৎ ঠাণ্ডা করিলে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরকের স্ফটিক উৎপন্ন হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা লৌহ দ্রবীভূত করিলেই হীরক পাওয়া যায়।

(ii) অ্যাকেসন্ পদ্ধতিতে বিচূর্ণ কোক ও বালির মিশ্রণকে তড়িৎ-চুল্লীতে

3000°C উষ্ণতায় 24 – 30 ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে প্রথমে সিলিকন কার্বাইড গঠিত হয়; উহা পরে বিযোজিত হইয়া গ্রাফাইটে পরিণত হয়।

$$SiO_2+3C=SiC+2CO\ ;\ SiC=Si+C$$ (গ্রাফাইট)

(খ) শর্করা অঙ্গারকে বিশুদ্ধ অঙ্গার বলে। চিনিকে অন্তর্ধূম পাতন করিলে বা উহাতে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করিলে উহার জলীয় উপাদান দূরীভূত হইয়া কালো শর্করা অঙ্গারে পরিণত হয়। $C_{12}H_{22}O_{11}$ (চিনি) $=12C+11H_2O$.

বায়ুর অবর্তমানে কাঠের গুঁড়া বা নারিকেল মালার অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা অথবা জলীয় বাষ্পের প্রবাহে 900°C উষ্ণতায় কাঠ-কয়লা উত্তপ্ত করিলে সক্রিয় অঙ্গার উৎপন্ন হয়। জিঙ্ক ক্লোরাইড বা ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড মাখাইয়া নারিকেল মালা বা কাঠকে পোড়াইলেও সক্রিয় অঙ্গার পাওয়া যায়। সাধারণ অঙ্গার অপেক্ষা ইহার বহির্ধৃতি ও বিশোধন ক্ষমতা অনেক বেশী।

(গ) প্রাণিজ অঙ্গারে ক্যালসিয়াম ফসফেট, ক্যালসিয়াম কার্বনেট প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। ইহাদিগকে HCl-এ দ্রবীভূত করিলে যে গাঢ় কালো কার্বন পড়িয়া থাকে তাহাকে আইভরি ব্ল্যাক বলে। ইহা কালো রং হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ২১৬। অঙ্গার যে (ক) গ্যাস শোষণে এবং (খ) পদার্থের অবাঞ্ছিত রং শোধনে ব্যবহৃত হয় তাহা দেখাইয়া পরীক্ষা বর্ণনা কর।

উত্তর : (ক) অঙ্গার অত্যধিক সচ্ছিদ্র বলিয়া গ্যাসীয় ও তরল পদার্থ শুষিয়া লইতে পারে। যেমন—অ্যামোনিয়া-ভর্তি একটি গ্যাস-জার উপুড় করিয়া একটি পারদপূর্ণ পাত্রের উপর ধরা হইল। এক টুকরা অঙ্গার বা কাঠকয়লা উত্তপ্ত করিয়া উহার ছিদ্রমধ্যস্থ বায়ু বাহির করিয়া দিয়া উহাকে অ্যামোনিয়া-ভর্তি জারের মধ্যে প্রবেশ করান হইল। দেখা যায়, পারদ ধীরে ধীরে উপরে উঠিয়া গ্যাস-জার পূর্ণ করে। অঙ্গার অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করিয়া গ্যাস-জারে শূন্যতার সৃষ্টি করে বলিয়া পারদ দ্বারা উহা পূর্ণ হয়।

(খ) (i) লাল বা নীল লিটমাসের লঘু দ্রবণের সহিত প্রাণিজ অঙ্গার মিশাইয়া ফুটাইবার পর পরিস্রুত করিলে দেখা যায় দ্রবণ বর্ণহীন হইয়াছে। অঙ্গার দ্বারা লিটমাসের রং শোষণের ফলেই দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

(ii) বাদামী বর্ণের ঘোলাটে চিনির জলীয় দ্রবণের সহিত প্রানিজ অঙ্গার মিশাইয়া কিছুক্ষণ নাড়িবার পর পরিস্রুত করিলে চিনির স্বচ্ছ ও বর্ণহীন দ্রবণ পাওয়া যায়। রঙিণ পদার্থ অঙ্গার দ্বারা শোষিত হইবার ফলেই চিনির দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

প্রশ্ন : ২১৭। বিভিন্ন প্রকারের কার্বন যে একই মৌলের রূপভেদ তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে ?

উত্তর : কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদের একই পরিমাণ আবদ্ধ পাত্রে লইয়া শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অতিরিক্ত অক্সিজেন প্রবাহে দহন করিলে সমান ওজনের বা আয়তনের CO_2 উৎপন্ন হয় : $C+O_2=CO_2$.

নির্দিষ্ট ওজনের শর্করা অঙ্গার একটি পোর্সিলেন নৌকায় লইয়া উহাকে একটি পুরু ও শক্ত কাচনলের ভিতর এক প্রান্তে রাখিয়া অবশিষ্ট স্থান কালো CuO দ্বারা পূর্ণ করা হয়। নলের অপর প্রান্তে পূর্বে ওজন-করা পটাস বাল্‌ব লাগান থাকে। নলের ভিতর

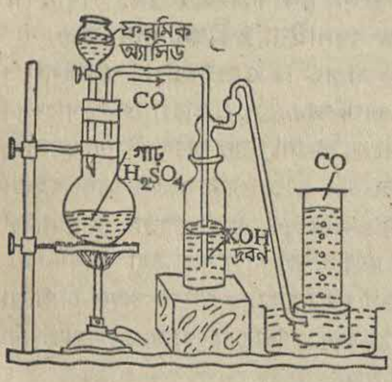
দিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেন চালনা করিয়া সমস্ত কাচনলটি তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়ার ফলে CO_2 উৎপন্ন হইয়া পটাস বাল্‌বে শোষিত হয়। পটাস বাল্‌বের পরের ও পূর্বেকার ওজনের পার্থক্য হইতে উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

শর্করা অঙ্গারের পরিবর্তে হীরক, গ্রাফাইট, প্রাণিজ অঙ্গার প্রভৃতি অন্যান্য রূপভেদগুলির একই পরিমাণ লইয়া পৃথকভাবে একই প্রক্রিয়ায় অক্সিজেনে দহন করিলে দেখা যায়, প্রত্যেক ক্ষেত্রেই উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ সমান থাকে। ইহাই প্রমাণ করে, বিভিন্ন প্রকারের কার্বন একই মৌলিক পদার্থের রূপভেদ মাত্র।

প্রশ্ন : ২১৮। (ক) পরীক্ষাগারে কার্বন মনোক্সাইডের প্রস্তুতি চিত্রসহ বর্ণনা কর। (খ) ইহার প্রধান ধর্মগুলি ও ব্যবহার লিখ। (গ) কার্বন মনোক্সাইড কিভাবে সনাক্ত করা হয়।

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—পরীক্ষাগারে ফরমিক অ্যাসিড বা অক্সালিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত ও গাঢ় H_2SO_4-এর সাহায্যে নিরুদিত করিয়া কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

(i) **ফরমিক অ্যাসিড হইতে**—বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে গাঢ় H_2SO_4 লইয়া 100°C উষ্ণতা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। ফানেল হইতে ফরমিক অ্যাসিডের গাঢ় দ্রবণ উত্তপ্ত অ্যাসিডের উপর ফোঁটা ফোঁটা ফেলিলে ফরমিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে এবং নির্গম নল দিয়া বাহির হয়। এই গ্যাসকে KOH দ্রবণ-ভর্তি গ্যাস-ধাবকের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া মিশ্রিত সামান্য CO_2 ও SO_2 দূরীভূত করা হয়। অতঃপর জলের অপসারণ দ্বারা ইহাকে গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়। $HCOOH+[H_2SO_4]=CO+H_2O+[H_2SO_4]$.



চিত্র ৩২

(ii) **অক্সালিক অ্যাসিড হইতে**—বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে বিচূর্ণ অক্সালিক অ্যাসিড কেলাস লওয়া হয়। ফানেল হইতে গাঢ় H_2SO_4 ঢালিয়া অক্সালিক অ্যাসিড ঢাকিয়া দিয়া ফ্লাস্কটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে সম-পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস-মিশ্রণ KOH দ্রবণ ভর্তি গ্যাস-ধাবকের মধ্য দিয়া চালিত করিলে উহা CO_2 এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সামান্য SO_2 গ্যাসও শোষণ করে। পরে জলের অপসারণ দ্বারা কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।

$$HOOC.COOH+[H_2SO_4]=CO+CO_2+H_2O+[H_2SO_4]$$

(খ) **ভৌত ধর্ম**—কার্বন মনোক্সাইড মৃদু গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, বিষাক্ত গ্যাস। ইহা প্রশম অক্সাইড এবং জলে সামান্য দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) কার্বন মনোক্সাইড দাহ্য গ্যাস কিন্তু দহন-সহায়ক নয়। ইহা বায়ু বা অক্সিজেনে নীল শিখাসহ জ্বলে এবং জারিত হইয়া CO_2 উৎপন্ন করে: $2CO+O_2=2CO_2$.

(ii) কার্বন মনোক্সাইড একটি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য। উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা কপার, লেড, আয়রণ প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে। $CuO+CO=Cu+CO_2$. ইহা 90°C উষ্ণতায় আয়োডিন পেন্টক্সাইডকে মুক্ত আয়োডিনে এবং 550°C উষ্ণতায় Fe_2O_3 ও Cr_2O_3 অনুঘটকের উপস্থিতিতে জলীয় বাষ্পকে হাইড্রোজেনে বিজারিত করে। $I_2O_5+5CO=I_2+5CO_2$; $H_2O+CO=H_2+CO_2$.

(iii) ইহা অসংপৃক্ত যৌগ বলিয়া ধাতব ও অধাতব মৌলের সহিত সংযুক্ত হইয়া যুত-যৌগ কার্বনিল গঠন করে। সূর্যালোকে বা সক্রিয় কার্বনের প্রভাবে ইহা ক্লোরিনের সহিত কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফসজেন গ্যাস এবং সালফার বাষ্পের সহিত কার্বনিল সালফাইড উৎপন্ন করে। $CO+Cl_2=COCl_2$; $CO+S=COS$. ইহা সূক্ষ্ম আয়রণ ও নিকেলের সহিত উত্তপ্ত অবস্থায় যথাক্রমে আয়রণ কার্বনিল ও নিকেল কার্বনিল গঠন করে। $Fe+5CO=Fe(CO)_5$; $Ni+4CO=Ni(CO)_4$.

(iv) সাধারণ অবস্থায় কার্বন মনোক্সাইড ক্ষারের সহিত ক্রিয়া করে না। কিন্তু উত্তপ্ত কঠিন NaOH-এর উপর দিয়া CO চালিত করিলে অথবা অতিরিক্ত চাপে ও 200°C উষ্ণতায় গাঢ় NaOH দ্রবণের সহিত CO-এর বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন হয়: $NaOH+CO=H.COONa$.

(v) অত্যধিক চাপে ও 350°C উষ্ণতায় ZnO ও Cr_2O_3 অনুঘটকের উপস্থিতিতে কার্বন মনোক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া মিথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়: $CO+2H_2=CH_3OH$.

(vi) ইহা HCl বা অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হইয়া অস্থায়ী যুত-যৌগ গঠন করে; এই দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে CO বিশুদ্ধ অবস্থায় নির্গত হয়: $Cu_2Cl_2+2CO+4H_2O=2[CuCl.CO.2H_2O]$.

ব্যবহার—কার্বন মনোক্সাইড (১) জল-গ্যাস ও প্রডিউসার গ্যাসে জ্বালানীরূপে, (২) বিজারক হিসাবে, (৩) নিকেল ও আয়রণ নিষ্কাশনে এবং (৪) সোডিয়াম ফরমেট, মিথাইল অ্যালকোহল ও তরল জ্বালানীর পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

(গ) **সনাক্তকরণ**—বর্ণহীন কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস (i) ঈষৎ নীল শিখায় জ্বলে—উৎপন্ন CO_2 গ্যাস স্বচ্ছ চুন-জলকে ঘোলাটে করে ও তীব্র ক্ষার দ্রবণে শোষিত হয়; এবং (ii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা অ্যামোনিয়া মিশ্রিত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়।

প্রশ্ন: ২১৯। (ক) পরীক্ষাগারে ফরমিক অ্যাসিড বা অক্সালিক অ্যাসিড হইতে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতির বিবরণ দাও। (খ) কার্বন

মনোক্সাইড যে একটি বিজারক দ্রব্য তাহা উপযুক্ত পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও।

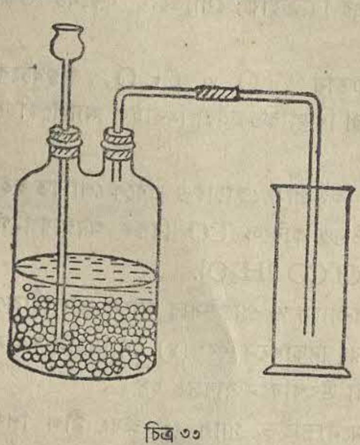
উত্তর : (ক) ২১৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) একটি দহন-নলে কালো CuO রাখিয়া উহাকে বিশুদ্ধ CO প্রবাহে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। দেখা যায়, নলের ভিতরকার কালো CuO লাল বর্ণে রূপান্তরিত হইয়াছে। উপরন্তু নির্গত গ্যাস চুন-জল ঘোলাটে করে। অতএব ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইড। লাল পদার্থটি একটি পরীক্ষানলে লইয়া উহাতে HNO_3 মিশাইলে বাদামী বর্ণের গ্যাস নির্গত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ নীল হয়। ইহাতে অতিরিক্ত NH_4OH যোগ করিলে গাঢ় নীল দ্রবণ উৎপন্ন হয়। সুতরাং লাল অবশেষ ধাতব কপার। কার্বন মনোক্সাইড CuO হইতে অক্সিজেন অপসারিত করিয়া উহাকে ধাতব কপারে বিজারিত করে এবং নিজে অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া CO_2-এ জারিত হয় : $CuO+CO=Cu+CO_2$. অতএব কার্বন মনোক্সাইড একটি বিজারক দ্রব্য।

প্রশ্ন : ২২০। (ক) পরীক্ষাগারে কিরূপে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত ও সংগ্রহ করা হয়? কিরূপে ইহা বিশুদ্ধ করা হয়? (খ) কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতিতে লঘু H_2SO_4 ব্যবহৃত হয় না কেন? (গ) ইহার প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার লিখ। (ঘ) শুষ্ক বরফ কি? ইহা কি কাজে লাগে?

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—সাধারণ উষ্ণতায় মার্বেল পাথর ($CaCO_3$)-এর সহিত লঘু HCl-এর বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$$



চিত্র ৩৩

দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত উল্‌ফ বোতলে কয়েকখণ্ড মার্বেল লইয়া জল ঢালিয়া উহা ঠিক ডুবাইয়া রাখা হয়। ফানেলের নলটির শেষপ্রান্ত জলে ডুবান থাকে। নির্গম-নলের অপর প্রান্ত একটি গ্যাস-জারের মধ্যে রাখা হয়। ফানেল দিয়া HCl ঢালিলে উহা মার্বেলের সংস্পর্শে আসিয়া বুদ্‌বুদ্ আকারে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।

বিশুদ্ধিকরণ—এইভাবে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে HCl ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। ইহাকে যথাক্রমে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ ও গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া চালিত করিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করা হয়।

(খ) $CaCO_3$ ও লঘু H_2SO_4 বিক্রিয়া করিলে ক্যালসিয়াম সালফেট ও CO_2

উৎপন্ন হয়: $CaCO_3+H_2SO_4=CaSO_4+H_2O+CO_2$. ক্যালসিয়াম সালফেট জলে অদ্রাব্য বলিয়া মার্বেলের উপর আস্তরণ ফেলে; ফলে মার্বেল আর H_2SO_4-এর সংস্পর্শে আসিতে পারে না বলিয়া গ্যাস উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়। এই কারণে CO_2 প্রস্তুতিতে H_2SO_4 ব্যবহৃত হয় না। কিন্তু HCl ব্যবহারে উৎপন্ন $CaCl_2$ সহজ-দ্রাব্য বলিয়া কোন অসুবিধা হয় না।

(গ) **ভৌত ধর্ম**—কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন, অম্ল স্বাদযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা $1\frac{1}{2}$ গুণ ভারী এবং জলে সম-আয়তনে দ্রবণীয়; চাপ প্রয়োগে ইহার দ্রাব্যতা বাড়ে। ইহা বিষাক্ত নয় কিন্তু ইহাতে জীবজন্তু অক্সিজেনের অভাবে শ্বাসকার্য বন্ধ হইয়া মারা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) কার্বন ডাই-অক্সাইড দাহ্য বা দহন-সহায়ক নয়। কিন্তু প্রজ্বলিত ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসে উজ্জ্বলভাবে জ্বলে এবং MgO ও কার্বন উৎপন্ন হয়: $2Mg+CO_2=2MgO+C$.

(ii) কার্বন ডাই-অক্সাইড আম্লিক অক্সাইড। ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া মৃদু ও দুঃস্থিত কার্বনিক অ্যাসিড গঠন করে। $CO_2+H_2O=H_2CO_3$. ইহা ক্ষারকীয় অক্সাইড ও ক্ষার দ্রবণের সহিত কার্বনেট লবণ গঠন করে; কিন্তু অতিরিক্ত CO_2-এর সহিত বাই-কার্বনেট গঠিত হয়। $CaO+CO_2=CaCO_3$; $2NaOH+CO_2=Na_2CO_3$; $Na_2CO_3+CO_2+H_2O=2NaHCO_3$. ইহা চুন-জলের সহিত অদ্রাব্য সাদা ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে বলিয়া চুন-জল ঘোলাটে হয়। অতিরিক্ত CO_2 ইহাকে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত করে; ফলে দ্রবণ পুনরায় স্বচ্ছ হয়। এই স্বচ্ছ দ্রবণ ফুটাইলে বাই-কার্বনেট বিশ্লিষ্ট হইয়া পুনরায় কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত করে। $Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$; $CaCO_3+H_2O+CO_2=Ca(HCO_3)_2$; $Ca(HCO_3)_2=CaCO_3+CO_2+H_2O$

(iii) লোহিত-তপ্ত কার্বন, জিঙ্ক বা আয়রণের উপর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে ইহা কার্বন মনোক্সাইডে বিজারিত হয়।

$$C+CO_2=2CO\ ;\ Zn+CO_2=ZnO+CO$$

(iv) উদ্ভিদের সবুজ অংশ ক্লোরোফিল সূর্যালোক ও জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কার্বন ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট করে; এই কার্বন জলের সহিত মিলিয়া কার্বহাইড্রেটে পরিণত হয়। এই প্রক্রিয়াকে আলোক-সংশ্লেষণ বলে।

ব্যবহার—কার্বন ডাই-অক্সাইড (১) সোডিয়াম কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট, ইউরিয়া, স্যালিসাইলিক অ্যাসিড প্রভৃতির পণ্য উৎপাদনে; (২) চিনি পরিশোধনে; (৩) বাতান্বিত জল প্রস্তুতিতে এবং (৪) অগ্নি-নির্বাপণের কাজে ব্যবহৃত হয়। তরল অবস্থায় ইহা ইস্পাত শক্ত করিতে এবং হিমায়করূপেও কাজে লাগে।

(ঘ) চাপ প্রয়োগে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তরলে পরিণত হয়। এই তরলকে সহসা বাষ্পীভূত করিলে বরফের মত কঠিন পদার্থ পাওয়া যায়; ইহাকে শুষ্ক বরফ বলে। সাধারণ অবস্থায় শুষ্ক বরফ সরাসরি গ্যাসে পরিণত হয় বলিয়া ইহা হিমায়করূপে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ঃ ২২১। (ক) কার্বন ডাই-অক্সাইডের গুরুত্ববিশিষ্ট ধর্মগুলি পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ কর। (খ) ইহা কিরূপে সনাক্ত করা হয়।

উত্তর ঃ (ক) (i) CO_2-পূর্ণ গ্যাস-জারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করান হইল। পাটকাঠি নিভিয়া যায় এবং গ্যাস নিজে জ্বলে না। সুতরাং, কার্বন ডাই-অক্সাইড দহন-সহায়ক বা দাহ্য গ্যাস নয়।

(ii) একটি জ্বলন্ত মোমবাতির শিখার উপর CO_2-পূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করা হইল। মোমবাতির শিখা সঙ্গে সঙ্গে নিভিয়া যায়। সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী।

(iii) একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম ফিতা CO_2-পূর্ণ গ্যাসজারের ভিতর ঢুকান হইল। শিখাটি উজ্জল শিখায় জ্বলিয়া উঠে এবং জারের মধ্যে কালো ঝুল পড়ে। CO_2 জলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের দহন-সহায়ক এবং দহনের ফলে MgO ও C উৎপন্ন হয়। $2Mg+CO_2=2MgO+C$. সুতরাং, উত্তপ্ত অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইড জারক দ্রব্য।

(iv) CO_2-পূর্ণ পরীক্ষানলে অল্প জল ঢালিয়া ভালরূপে ঝাঁকাইয়া নলটি লিটমাস দ্রবণের উপর উপুড় করা হইল। নলের মধ্যে দ্রবণ প্রবেশ করে এবং উহা ঈষৎ লাল বর্ণ হয়। সুতরাং, CO_2 জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিড-ধর্মী। দ্রবণে কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $CO_2+H_2O=H_2CO_3$. পরীক্ষানলটি উত্তপ্ত করিলে CO_2 নির্গত হওয়ার ফলে দ্রবণের বর্ণ পুনরায় নীল হয়। সুতরাং কার্বনিক অ্যাসিড দুঃস্থিত অ্যাসিড।

(v) একটি পরীক্ষানলে স্বচ্ছ চুন-জল লইয়া উহাতে CO_2 চালনা করা হইল। চুন-জল ঘোলাটে হয়। CO_2 চুন-জলের সহিত অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম কার্বনেট গঠন করে ঃ $Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$. পরীক্ষানলে অধিক পরিমাণ CO_2 চালনা হইল। চুন-জল স্বচ্ছ হয়। অদ্রাব্য $CaCO_3$ দ্রবণীয় ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হয় ঃ $CaCO_3+H_2O+CO_2=Ca(HCO_3)_2$. এই দ্রবণ ফুটান হইল। স্বচ্ছ চুন-জল পুনরায় ঘোলাটে হয়। উত্তাপে বাই-কার্বনেট বিশ্লিষ্ট হইয়া অদ্রাব্য $CaCO_3$-রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় ঃ $Ca(HCO_3)_2=CaCO_3+H_2O+CO_2$.

(vi) CO_2-পূর্ণ গ্যাসজার কষ্টিক সোডা বা পটাস দ্রবণে উপুড় করিয়া ডুবাইয়া নাড়া হইল। ক্ষার দ্রবণ জারের ভিতর উঠিয়া সম্পূর্ণ ভর্তি করে ঃ $CO_2+2NaOH=Na_2CO_3+H_2O$. সুতরাং, CO_2 ক্ষার দ্রবণে শোষিত হয় এবং ইহা আম্লিক অক্সাইড।

(খ) **সনাক্তকরণ**—বর্ণহীন ভারী কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস (i) জ্বলন্ত পাটকাঠি নিভাইয়া দেয় কিন্তু উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম ফিতাকে জ্বলিতে সাহায্য করে ; (ii) স্বচ্ছ চুন-জলকে ঘোলাটে করে এবং (iii) গাঢ় ক্ষার দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়।

প্রশ্ন ঃ ২২২। (ক) অক্সালিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়। (খ) উহাদের পারস্পরিক রূপান্তর কিরূপে সম্ভব হয় লিখ।

উত্তর ঃ (ক) বিচূর্ণ অক্সালিক অ্যাসিড কেলাস ও গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করিলে

যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহাতে সম-পরিমাণ CO ও CO_2 থাকে। $HOOC.COOH + [H_2SO_4] = CO + CO_2 + H_2O + [H_2SO_4]$. এই গ্যাস-মিশ্রণকে গাঢ় KOH দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে শুধু CO_2 ইহাতে শোষিত হয় এবং CO বাহির হইয়া আসে ; ইহাকে জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। $2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$. এইবার দ্রবীভূত ক্ষার দ্রবণকে লঘু অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিলে CO_2 নির্গত হয় এবং ইহাকে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। $K_2CO_3 + 2HCl = 2KCl + H_2O + CO_2$.

(খ) (i) **কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে কার্বন মনোক্সাইড**—বিচূর্ণ কার্বন ভর্তি লোহিত-তপ্ত নলের ভিতর দিয়া শুষ্ক কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া CO-এ পরিণত হয়: $CO_2 + C = 2CO$. উৎপন্ন গ্যাস ঈষৎ নীল শিখায় জ্বলে, স্বচ্ছ চুন-জল ঘোলাটে করে না এবং অ্যামোনিয়া মিশ্রিত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়। অতএব ইহা CO গ্যাস।

(ii) **কার্বন মনোক্সাইড হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড**—কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেন প্রবাহে দহন করা হয়। কার্বন মনোক্সাইড জারিত হইয়া CO_2-এ পরিণত হয়: $2CO + O_2 + = 2CO_2$. উৎপন্ন গ্যাস স্বচ্ছ চুন-জল ঘোলাটে করে এবং ক্ষার দ্রবণে শোষিত হয়। অতএব ইহা CO_2 গ্যাস।

প্রশ্ন : ২২৩। (ক) (i) কার্বন ডাই-অক্সাইড ও (ii) কার্বন মনোক্সাইডে যে কার্বন আছে তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে? (খ) কিভাবে উহাদের মিশ্রণকে সম্পূর্ণরূপে CO অথবা CO_2-এ রূপান্তরিত করিবে? (গ) কি অবস্থায় CO ও CO_2 কষ্টিক সোডার সহিত বিক্রিয়া করে।

উত্তর : (ক) (i) কার্বন ডাই-অক্সাইড পূর্ণ গ্যাস জারে একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা প্রবেশ করাইলে উহা জ্বলিতে থাকে। দহন-শেষে জারটি ঠাণ্ডা করিয়া লঘু HCl মিশাইয়া নাড়িলে অদ্রবণীয় সূক্ষ্ম কণা পড়িয়া থাকে। ইহা পরিস্রুত ও শুষ্ক করিয়া বায়ুতে পোড়াইলে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা স্বচ্ছ চুন-জল ঘোলাটে করে। সুতরাং, নির্গত গ্যাস কার্বন ডাই-অক্সাইড। কালো কণাগুলি কার্বন এবং উহা কার্বন ডাই-অক্সাইডে ম্যাগনেসিয়াম দহনের ফলেই উৎপন্ন হইয়াছে। $2Mg + CO_2 = 2MgO + C$. সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন আছে।

(ii) অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেন প্রবাহে কার্বন মনোক্সাইড পোড়াইয়া উহা কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। [এইবার উপরের (i) অংশ দেখ।] সুতরাং কার্বন মনোক্সাইডে কার্বন আছে।

(খ) (i) কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণকে উত্তপ্ত কার্বন, জিঙ্ক বা আয়রণের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে মিশ্রণস্থিত CO_2 বিজারিত হইয়া CO-এ পরিণত হয়: $CO_2 + Zn = ZnO + CO$; $CO_2 + C = 2CO$. ফলে মিশ্রণে শুধুমাত্র CO থাকে। এইভাবে উক্ত মিশ্রণকে সম্পূর্ণরূপে CO-এ রূপান্তরিত করা যায়।

(ii) কার্বন-মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণকে অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেন প্রবাহে পোড়াইলে মিশ্রণস্থিত CO জারিত হইয়া CO_2-এ পরিণত হয়:

$2CO + O_2 = 2CO_2$. ফলে মিশ্রণে শুধুমাত্র CO_2 থাকে। এইভাবে উপরোক্ত মিশ্রণকে সম্পূর্ণভাবে CO_2-এ রূপান্তরিত করা যায়।

(গ) (i) **NaOH-এর সহিত কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়া**—২১৮(খ) নং প্রশ্নোত্তরের ধর্ম দেখ।

(ii) **NaOH-এর-সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়া**—NaOH দ্রবণে CO_2 প্রবাহিত করিলে প্রথমে দ্রবণীয় সোডিয়াম কার্বনেট গঠন করে; পরে ইহার সহিত অতিরিক্ত CO_2-এর বিক্রিয়ায় প্রায় অদ্রবণীয় সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O\ ;$$
$$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2NaHCO_3.$$

প্রশ্ন ঃ ২২৪। (ক) **কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাডের ধর্মের তুলনা কর।** (খ) **কিভাবে উহাদের মিশ্রণ হইতে পৃথক করিয়া বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।**

উত্তর ঃ কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা—

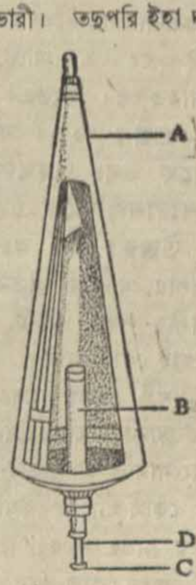
ধর্ম	কার্বন মনোক্সাইড, CO	কার্বন ডাই-অক্সাইড, CO_2
(১) বর্ণ, গন্ধ ও অবস্থা	বর্ণহীন, মৃদু গন্ধযুক্ত গ্যাস।	বর্ণহীন, অম্লস্বাদযুক্ত গ্যাস।
(২) ঘনত্ব	প্রায় বায়ুর সমান ভারী।	বায়ু অপেক্ষা $1\frac{1}{2}$ গুণ ভারী।
(৩) শারীরিক ক্রিয়া	অত্যন্ত বিষাক্ত। ইহাতে অতিরিক্ত শ্বাস নিলে মৃত্যু ঘটে।	বিষাক্ত নয়; কিন্তু ইহাতে শ্বাস নেওয়া যায় না।
(৪) দ্রাব্যতা ও জলের উপর ক্রিয়া	জলে খুব অল্প দ্রবণীয়। প্রশম অক্সাইড বলিয়া ক্রিয়া করে না।	জলে মাঝামাঝি দ্রবণীয়। আম্লিক অক্সাইড বলিয়া দুঃস্থিত কার্বনিক অ্যাসিড গঠন করে।
(৫) দহনশীলতা	নিজে দাহ্য কিন্তু দহন-সহায়ক নয়; ঈষৎ নীল শিখায় জ্বলে।	দাহ্য বা দহন-সহায়ক নয়; প্রজ্বলিত Mg ইহাতে জ্বলে।
(৬) চুন-জলের সঙ্গে বিক্রিয়া	কোন ক্রিয়া নাই।	চুন-জল ঘোলাটে করে।
(৭) ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া	অত্যধিক চাপে ও 200°C উষ্ণতায় সোডিয়াম ফরমেট গঠন করে।	প্রথমে দ্রবণীয় কার্বনেট এবং পরিশেষে প্রায় অদ্রবণীয় বাই-কার্বনেট গঠন করে।
(৮) বিজারণ ক্রিয়া	সক্রিয় বিজারক; উচ্চ উষ্ণতায় ধাতব অক্সাইড ধাতুতে বিজারিত হয়।	বিজারণ ক্ষমতা নাই; বরং উচ্চ উষ্ণতায় নিজেই বিজারিত হয়।
(৯) যুত-যৌগ গঠন	অসংপৃক্ত বলিয়া মৌলের সহিত যুত-যৌগ কার্বনিল গঠন করে।	সংপৃক্ত যৌগ বলিয়া যুত-যৌগ গঠন করে না।
(১০) শোষক	HCl বা অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ।	তীব্র ক্ষার সাধারণতঃ KOH দ্রবণ।

(খ) (i) CO ও CO_2 গ্যাস-মিশ্রণকে HCl-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের ভিতর দিয়া চালিত করিলে কেবলমাত্র CO এই দ্রবণে শোষিত হয় কিন্তু CO_2 অবিকৃত থাকে। সুতরাং দ্রবণ হইতে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে তাহা CO_2 এবং ইহাকে যথারীতি বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। পরে দ্রবীভূত অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে CO গ্যাস নির্গত হয় এবং জলের অপসারণ দ্বারা ইহাকে সংগ্রহ করা হয়।

(ii) CO ও CO_2 গ্যাস-মিশ্রণকে গাঢ় KOH দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে শুধু CO_2 এই দ্রবণে শোষিত হয় কিন্তু CO কোন বিক্রিয়া করে না। সুতরাং দ্রবণ হইতে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে তাহা CO এবং ইহাকে জলের অপসারণ দ্বারা সংগৃহীত করা হয়: $2KOH+CO_2=K_2CO_3+H_2O$. পরে দ্রবীভূত ক্ষার দ্রবণে লঘু অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে CO_2 গ্যাস নির্গত হয় এবং ইহাকে বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়: $K_2CO_3+2HCl=2KCl+H_2O+CO_2$.

প্রশ্ন: ২২৫। (ক) একটি অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র বর্ণনা কর এবং উহার কার্য-প্রণালী বুঝাইয়া দাও। (খ) (i) কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত অথবা (ii) **নাইট্রোজেনের সহিত মিশ্রিত কার্বন মনোক্সাইড কিরূপে পৃথক করিবে? (গ) দুইটি গ্যাসজারের (i) একটিতে নাইট্রোজেন ও অপরটিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড,** অথবা (ii) **একটিতে কার্বন মনোক্সাইড ও অপরটিতে হাইড্রোজেন আছে। কোন্ জারে কি গ্যাস আছে কিরূপে বুঝিবে?**

উত্তর: (ক) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী। তদুপরি ইহা দাহ্য বা দহন-সহায়ক নয়। সুতরাং, আগুনের উপর CO_2 গ্যাস ছড়াইয়া দিলে বায়ু অপসারণ দ্বারা ইহা সেই স্থান দখল করে। ফলে সেই স্থানে অক্সিজেনের অভাব হয় এবং আগুন নিভিয়া যায়। এই কারণে CO_2 গ্যাস অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রে ব্যবহৃত হয়।



চিত্র ৩৪

একটি শঙ্কু আকৃতির ধাতব পাত্রে (A) সোডিয়াম কার্বনেটের গাঢ় দ্রবণ এবং উহার মধ্যে একটি কাচনলে (B) লঘু H_2SO_4 থাকে। যন্ত্রটির নীচের দিকে একটি হাতল (D) থাকে। যন্ত্রটি ব্যবহারের সময় এই হাতলটিকে জোরে আঘাত করিয়া কাচনলটি ভাঙ্গা হয়। ফলে অ্যাসিড Na_2CO_3 দ্রবণের সংস্পর্শে আসিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রচুর CO_2 উৎপন্ন করে; ইহা প্রচণ্ড চাপে জলের সহিত উপরের ছিদ্রপথ দিয়া নিষ্ক্রান্ত হইলে আগুনের উপর নিক্ষেপ করা হয়। ফলে আগুন নিভিয়া যায়। $Na_2CO_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O+CO_2$. তেল ও পেট্রোলের আগুন নিভাইবার জন্য ব্যবহৃত অগ্নি-নির্বাপক

যন্ত্রে ফট্‌কিরি ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ থাকে; উহাদের সংমিশ্রণে বিক্রিয়ার ফলে প্রচুর ফেনাসহ CO_2 নির্গত হয়।

$$Al_2(SO_4)_3+6NaHCO_3=2Al(OH)_3+3Na_2SO_4+6CO_2$$

(খ) (i) ২২৪ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

(ii) CO_2 ও N_2 গ্যাস-মিশ্রণকে গাঢ় HCl-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের ভিতর দিয়া চালিত করিলে CO ঐ দ্রবণে শোষিত হইয়া $CuCl.CO.2H_2O$ যুত যৌগ উৎপন্ন করে; N_2 অপরিবর্তিত অবস্থায় নিষ্ক্রান্ত হয়। যুত-যৌগটি উত্তপ্ত করিলে CO নির্গত হয় এবং উহা জল অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

(গ) (i) গ্যাস-জার দুইটির মধ্যে স্বচ্ছ চুন-জল ঢালিয়া ঝাঁকান হইল। যে জারে চুন-জল ঘোলাটে হয় সেই জারে CO_2 আছে; কারণ, CO_2 চুন-জলের সহিত সাদা অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে। $Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$. অতএব অপর জারে নাইট্রোজেন আছে।

(ii) গ্যাস-জার দুইটিতে জলন্ত শিখা ধরিলে উভয় গ্যাসই শিখাসহ জ্বলে। শিখা নিভিয়া জার দুইটি ঠাণ্ডা হইলে উহাদের মধ্যে স্বচ্ছ চুন-জল ঢালিয়া ঝাঁকান হয়। যে জারে চুন-জল ঘোলাটে হয় সেইজারে CO আছে, অপরটিতে H_2 আছে। কারণ অক্সিজেনে জ্বলিয়া H_2 জল এবং CO কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে; এই CO_2-ই চুন-জল ঘোলাটে করে। $2H_2+O_2=H_2O$; $2CO+O_2=2CO_2$; $Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$.

গ্যাস-জার দুইটির মধ্যে অ্যামোনিয়াম-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ ঢালিয়া ঝাঁকাইবার পর জলের মধ্যে উপুড় করিয়া ধরা হইল। যে জারে জল উঠিয়া ভর্তি করে সেই জারে CO আছে, কারণ CO অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়। অতএব অপর জারে হাইড্রোজেন আছে।

প্রশ্ন : ২২৬। (ক) কোল-গ্যাস কি? (খ) ইহাতে কি কি উপাদান থাকে এবং উহাদের শতকরা পরিমাণ কত? (গ) কোল-গ্যাসের উপাদানগুলিকে প্রকৃতি অনুযায়ী কি কি নামে বিভক্ত করা যায়।

উত্তর : (ক) কয়লাকে আবদ্ধ পাত্রে বায়ুর অনুপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে অর্থাৎ কয়লার অন্তর্ধূম পাতন প্রক্রিয়ায় যে অংশ উদ্বায়িত হইয়া আসে উহাতে তরল ও গ্যাসীয় পদার্থ দুই-ই থাকে। তরল অংশকে পৃথক করিলে যে গ্যাস পাওয়া যায় তাহাই কোল-গ্যাস। ইহা অনেকগুলি গ্যাসীয় পদার্থের মিশ্রণ।

(খ) কোল-গ্যাসের প্রধান উপাদান হাইড্রোজেন, কার্বন মনোক্সাইড এবং নানাবিধ হাইড্রোকার্বন যথা মিথেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ও বেঞ্জিন। ইহাতে কিছু নাইট্রোজেন এবং সামান্য কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন মিশ্রিত থাকে।

কোল-গ্যাসের উপাদান খনিজ কয়লার প্রকৃতি এবং অন্তর্ধূম পাতনের উষ্ণতার উপর নির্ভর করে। $1000°-1200°C$ উষ্ণতায় বিটুমিন কয়লা অন্তর্ধূম পাতন করিলে যে কোল-গ্যাস পাওয়া যায় তাহাতে মোটামুটিভাবে হাইড্রোজেন $45-50\%$;

মিথেন 30 – 35% ; কার্বন মনোক্সাইড 5 – 10% ; ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ও বেঞ্জিন বাষ্প 2·5 – 5% ; নাইট্রোজেন 2 – 10% ; কার্বন ডাই-অক্সাইড 0 – 2% এবং অক্সিজেন 0 – 1% থাকে।

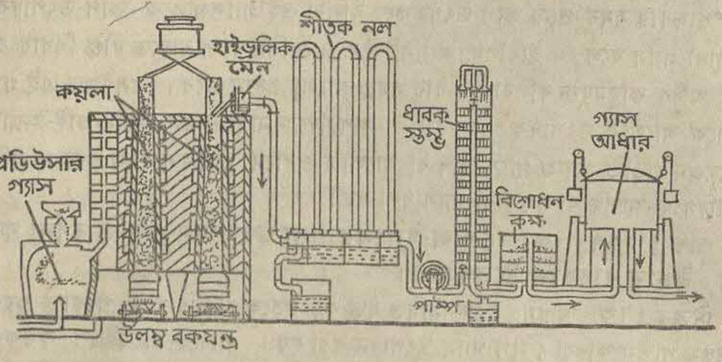
(গ) প্রকৃতি অনুযায়ী কোল-গ্যাসের উপাদানগুলিকে মোটামুটি তিনভাগে বিভক্ত করা যায়। হাইড্রোজেন, মিথেন ও কার্বন মনোক্সাইড বায়ুতে অদীপ্ত শিখায় জ্বলে এবং পুড়িবার সময় প্রচুর তাপ উৎপন্ন করে বলিয়া এই গ্যাসগুলিকে তাপ-উৎপাদক বা জ্বালানী গ্যাস বলে। ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ও বেঞ্জিন বাষ্প বায়ুতে দীপ্ত শিখায় জ্বলে এবং অধিক কার্বনযুক্ত বলিয়া পুড়িবার সময় আলো প্রদান করে; সেইজন্য এই গ্যাসগুলিকে আলোক উৎপাদক গ্যাস বলে। অপরদিকে নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন প্রভৃতি অদাহ্য গ্যাস তাপ বা আলোক প্রদানে কোন সাহায্য করে না বলিয়া উহাদিগকে অশুদ্ধি বা লঘুকারী গ্যাস বলা হয়।

প্রশ্ন : ২২৭। (ক) কোল-গ্যাসের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর। (খ) ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) অগ্নিসহ ইষ্টক-নির্মিত বড় বড় চতুষ্কোণাকৃতি খাড়া প্রকোষ্ঠে কয়লার অন্তর্ধূম পাতন করিয়া কোল-গ্যাস উৎপাদন করা হয়। সাধারণতঃ এইরূপ কতকগুলি প্রকোষ্ঠ সারিবদ্ধভাবে চুল্লীতে বসান থাকে। প্রত্যেকটি প্রকোষ্ঠের তিন-চতুর্থাংশ কয়লার গুঁড়া বা কয়লাখণ্ড দ্বারা ভর্তি করিয়া উহার চতুর্দিকে মাটির প্রলেপ দেওয়া হয় যাহাতে বায়ু ভিতরে প্রবেশ করিতে না পারে। অতঃপর উহাদিগকে চারিদিক হইতে প্রডিউসার গ্যাসের দহনে উৎপন্ন শিখায় উত্তপ্ত করা হয়; সচরাচর চুল্লীর উষ্ণতা 1000° – 1200°C রাখিয়া অন্তর্ধূম পাতন সম্পন্ন করা হয়। ইহার ফলে প্রত্যেকটি প্রকোষ্ঠ হইতে উদ্বায়ী পদার্থগুলি উপরিস্থিত নির্গম নল দিয়া বাহির হয় এবং অনুদ্বায়ী কোক অবশেষরূপে পাত্রের নীচে পড়িয়া থাকে। ইহা ছাড়া কার্বনের কিয়দংশ উৎক্ষিপ্ত হইয়া প্রকোষ্ঠের ভিতরে উপরিভাগের দেওয়ালে গ্যাস-কার্বন রূপে জমা হয়।

প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত গ্যাসে নানাবিধ গ্যাসীয় পদার্থের সহিত অ্যামোনিয়া ও আলকাতরা বাষ্পীভূত অবস্থায় মিশ্রিত থাকে। উদ্বায়ী গ্যাসগুলি প্রকোষ্ঠ হইতে বাহির হইয়া খাড়াভাবে স্থাপিত উত্থান-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া প্রথমে অনুভূমিকভাবে বসানো আংশিক জলপূর্ণ হাইড্রলিক মেন নামক একটি পাত্রের মধ্যে প্রবেশ করে। এখানে কম উদ্বায়ী পদার্থগুলি 60°C উষ্ণতায় শীতল হয় এবং কিয়দংশ তরলাকারে ঘনীভূত হয়। অতঃপর হাইড্রলিক মেন হইতে উষ্ণ গ্যাসকে পর পর খাড়াভাবে সজ্জিত কতকগুলি শীতক-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। নলের ভিতর দিয়া প্রবাহকালে গ্যাস সাধারণ উষ্ণতায় আসে; ফলে অবশিষ্ট সমস্ত আলকাতরা ও জলীয় বাষ্প এবং অধিকাংশ অ্যামোনিয়া ঘনীভূত হইয়া শীতক নলগুলির নীচে অবস্থিত ট্যাঙ্কে তরলাকারে সঞ্চিত হয়। এখানে ঘনীভূত তরল দুইটি স্তরে পৃথক হইয়া পড়ে; নীচের স্তরে আলকাতরা থাকে এবং উহার উপরিভাগে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ সঞ্চিত হয়। এই অ্যামোনিয়ার দ্রবণকে 'লাইকার অ্যামোনিয়া' বা 'অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার' বলে।

ইহার পর গ্যাসটিকে কোক বা ঝামাপাথর ভর্তি একটি ধাবক-স্তম্ভের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া স্তম্ভের উপর হইতে জলের ঝরণা ধারা ফেলিয়া ধৌত করা হয়; ইহাতে অবশিষ্ট অ্যামোনিয়া, কিছু কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন সালফাইড দ্রবীভূত রয়। ইহার পরও গ্যাসে কিছু অপদ্রব্য যথা H_2S, HCN, CS_2, CO_2 ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে। জ্বালানী গ্যাসে এই সমস্ত বিষাক্ত ও সালফার-ঘটিত গ্যাস না থাকাই শ্রেয়;



চিত্র ৩৫

সেইজন্য একটি বিশোধন কক্ষের মধ্য দিয়া গ্যাসটি পরিচালিত করিয়া উপযুক্ত বিশোধকের সাহায্যে অপদ্রব্যগুলিকে শোষিত করা হয়। এই বিশোধন কক্ষটি কয়েকটি তাকযুক্ত একটি চওড়া আয়তাকার লোহার বাক্স; ইহার কয়েকটি তাকে কলিচুন এবং অপর কয়েকটি তাকে আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড তথা ফেরিক হাইড্রক্সাইড রাখা হয়। কলিচুন ও ফেরিক হাইড্রক্সাইড সমস্ত অপদ্রব্যের সহিত বিক্রিয়ায় উহাদিগকে শোষণ করিয়া লয়। যেমন কলিচুন সমস্ত CO_2 ও CS_2 এবং অল্প পরিমাণে H_2S ও HCN শোষণ করে; ফেরিক হাইড্রক্সাইড বাকী সমস্ত H_2S ও HCN শোষণ করে। এইভাবে যে বিশুদ্ধ গ্যাস পাওয়া যায় তাহাকেই কোল-গ্যাস বলে এবং ইহা লৌহনির্মিত বড় বড় গ্যাস-আধারে জলের উপর সঞ্চিত করা হয়। পরে প্রয়োজন অনুযায়ী চাপ প্রয়োগে নলের সাহায্যে এই গ্যাসকে বিভিন্ন স্থানে পরিচালিত করা হয়। সাধারণতঃ অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা কয়লার ওজনের প্রায় 17% কোল-গ্যাস পাওয়া যায়। এই কোল-গ্যাসের তাপন-মূল্য সচরাচর প্রতি ঘন ফুটে প্রায় 560 B. T. U. হয়।

$$Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$$
$$Ca(OH)_2+2H_2S=Ca(SH)_2+2H_2O$$
$$Ca(OH)_2+H_2S=CaS+2H_2O\ ;\ CaS+CS_2=CaCS_3$$
$$2Fe(OH)_3+3H_2S=Fe_2S_3+6H_2O$$
$$Ca(OH)_2+2HCN=Ca(CN)_2+2H_2O$$
$$2Fe(OH)_3+6HCN=2Fe(CN)_2+(CN)_2+6H_2O$$
$$2Ca(CN)_2+Fe(CN)_2=Ca_2[Fe(CN)_6]$$

(খ) **ব্যবহার**—কোল-গ্যাস প্রধানতঃ জ্বালানীরূপে এবং আলোকদায়ী গ্যাস-

রূপে ব্যবহার করা হয়। ইহা ধাতু নিষ্কাশনে উৎকৃষ্ট জ্বালানী হিসাবে এবং পরীক্ষাগারে ও গৃহস্থালীর রন্ধন কার্যে জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ২২৮। (ক) কোল-গ্যাস উৎপাদনে কি কি উপজাত দ্রব্য পাওয়া যায়। উহাদের প্রত্যেকটির ব্যবহার লিখ। (খ) কয়লার কার্বনীকরণ কি ? নিম্ন ও উচ্চ উষ্ণতায় কয়লার কার্বনীকরণে উৎপন্ন পদার্থ ও উহাদের ধর্মের মধ্যে কি পার্থক্য পরিলক্ষিত হয় ?

উত্তর : (ক) কোল-গ্যাসের পণ্য উৎপাদনের সময় আলকাতরা, অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার, অব্যবহার্য চুন, অব্যবহার্য আয়রণ অক্সাইড, গ্যাস-কার্বন ও কোক উপজাত দ্রব্য হিসাবে পাওয়া যায়। ইহাদের প্রত্যেকটিরই বিশিষ্ট ব্যবহারিক মূল্য আছে। যথা—

আলকাতরা—ইহা কাষ্ঠ-দ্রব্যাদির স্থায়ীত্ব বৃদ্ধি করিতে এবং বেঞ্জিন, ন্যাপ্থ্যালিন, কার্বলিক অ্যাসিড প্রভৃতি জৈব যৌগের পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। এই সমস্ত জৈব যৌগ হইতে নানাবিধ কৃত্রিম রং ও ঔষধ প্রস্তুত হয়। আলকাতরা হইতে স্যাকারিন প্রস্তুত হয়। আলকাতরা পাতনের পর পাত্রে অবশিষ্ট পদার্থ পিচ রাস্তা নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার—ইহা পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে এবং অ্যামোনিয়াম সালফেট সার প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

অব্যবহার্য চুন—ইহা প্রধানতঃ সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

অব্যবহার্য আয়রণ অক্সাইড—ইহা সালফারের উৎস হিসাবে কাজে লাগে। ইহা পোড়াইয়া উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন করা হয়। ফেরোসায়ানাইডের পণ্য উৎপাদনেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

গ্যাস কার্বন—ইহা তড়িৎ-বিশ্লেষণে, তড়িৎ-চুল্লী, আর্ক-আলো ও ব্যাটারীতে তড়িৎ-দ্বার রূপে ব্যবহৃত হয়। লিখিবার পেন্সিল প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

কোক—ইহা ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক ও জ্বালানী দুই হিসাবে ব্যবহৃত হয়। সাধারণ রান্নার কাজে ইহা উত্তম জ্বালানীরূপেও ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া দাহ্য জল-গ্যাস ও প্রডিউসার গ্যাসের পণ্য উৎপাদনে কোক ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(খ) কয়লার অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা কোল-গ্যাস প্রস্তুতির সময় পাতন-প্রকোষ্ঠে অনুদ্বায়ী কোক পড়িয়া থাকে। কোক প্রস্তুতির জন্য কয়লার অন্তর্ধূম পাতনকে কয়লার কার্বনীকরণ বলে।

কয়লার কার্বনীকরণ নিম্ন উষ্ণতায় (600°–700°C) কিংবা উচ্চ উষ্ণতায় (1200°–1400°C) সম্পন্ন করা যায়। নিম্ন উষ্ণতায় কার্বনীকরণে কোল-গ্যাস অনেক কম হয় কিন্তু কোক বেশী পাওয়া যায়। এই কোল-গ্যাসের তাপন-মূল্য বেশী (700–900 B. T. U./ঘন ফুট) কিন্তু উৎপন্ন কোক নরম ও সহজ-দাহ্য। অপরদিকে, উচ্চ উষ্ণতায় কার্বনীকরণে কোল-গ্যাস অনেক বেশী হয় কিন্তু কোক কম পাওয়া যায়। এই কোল-গ্যাসের তাপন-মূল্য কম (500–600 B. T. U./ ঘন ফুট) কিন্তু উৎপন্ন কোক শক্ত ও উৎকৃষ্ট মানের হয়। অতএব কোক এবং কোল-গ্যাসের চাহিদার উপর উচ্চ অথবা নিম্ন উষ্ণতায় কয়লার কার্বনীকরণ নির্ভর করে।

প্রশ্ন ঃ ২২৯। (ক) ফসফরাসের উৎস কি ? (খ) ফসফেট খনিজ হইতে কিরূপে সাদা ফসফরাস প্রস্তুত করিবে ? (গ) ইহা কিরূপে বিশুদ্ধ করা হয় ? (ঘ) ইহার ব্যবহার লিখ।

উত্তর ঃ (ক) প্রকৃতিতে ফসফরাস খনিজগুলিতে ফসফেট লবণরূপে থাকে। জীবজন্তুর হাড় এবং ফসফরাইট আকরিক ইহার প্রধান উৎস। হাড়ে 58% এবং অস্থিভস্মে 80% ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে। ইহা ছাড়া ক্লোর-অ্যাপাটাইট ও ফ্লুর-অ্যাপাটাইট খনিজ উল্লেখ করা যায়।

(খ) **তড়িৎ-তাপীয় পদ্ধতি**—অধুনা তড়িৎ-চুল্লীতে ফসফরাইট বা অস্থিভস্ম $Ca_3(PO_4)_2$, বালি ও কোক-চূর্ণ অত্যধিক উষ্ণতায় বিজারিত করিয়া সাদা ফসফরাস প্রস্তুত করা হয়। অগ্নিসহ ইষ্টক-নির্মিত একটি আবদ্ধ তড়িৎ-চুল্লীর নীচের দিকে দুইটি কার্বন তড়িৎ-দ্বার থাকে। বিচূর্ণ খনিজ ফসফেট (বা অস্থিভস্ম), বালি ও কোক মিশ্রণ চুল্লীর মুখ দিয়া ফেলিয়া উহাকে নীচের তড়িৎ-দ্বার দুইটির ভিতর তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ বা আর্ক দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। 1200°C উষ্ণতায় ক্যালসিয়াম ফসফেট ও সিলিকা বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফসফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন করে ; ফসফরাস পেণ্টক্সাইড পরে 1500°C উষ্ণতায় কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড এবং ফসফরাস বাষ্পে পরিণত হয়। চুল্লীর উপরের একটি নির্গম পথ দিয়া বাহির হইয়া উহারা জলের মধ্যে প্রবেশ করে ও



চিত্র ৩৬

তথায় ফসফরাস কঠিন পদার্থ হিসাবে সঞ্চিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড বায়ুমণ্ডলে চলিয়া যায়। গলিত ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতুমল হিসাবে চুল্লীর তলদেশে আসে এবং প্রয়োজনমত একটি সরু নির্গম পথে অপসারিত করা হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2+3SiO_2=3CaSiO_3+P_2O_5\ ;\ 2P_2O_5+10C=P_4+10CO$$

দ্বিতীয় পদ্ধতি—বিচূর্ণ ফসফরাইট (বা অস্থিভস্ম) কে 60% গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে ফসফরিক অ্যাসিড ও অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট

উৎপন্ন হয়। $Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+2H_3PO_4$. ইহাকে ছাঁকিয়া পরিস্রুত দ্রবণটিকে বাষ্পীভবনের সাহায্যে পৃথক করিলে ফসফরিক অ্যাসিডের সিরাপ (85%) পাওয়া যায়। ইহাতে কার্বন চূর্ণ মিশাইয়া সম্পূর্ণ বিশুষ্ক করিয়া অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত বকযন্ত্রে লোহিত-তপ্ত অবস্থায় পাতিত করা হয়। প্রথমে বিযোজনের ফলে ইহা মেটা-ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। পরে ইহা কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া ফসফরাস উৎপন্ন করে এবং বাষ্পাকারে হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের সহিত নির্গত হয়। এই গ্যাস জলের ভিতর দিয়া চালনা করিলে ফসফরাস বাষ্প কঠিন সাদা অবস্থায় ঘনীভূত হয়।

$$H_3PO_4=HPO_3+H_2O\ ;\ 4HPO_3+12C=12CO+2H_2+P_4$$

(গ) **বিশুদ্ধিকরণ**—এইভাবে উৎপন্ন ফসফরাস বিশুদ্ধ নয়। ইহাকে ক্রোমিক অ্যাসিডের সহিত উত্তাপ প্রয়োগে বিগলিত করিলে কতকগুলি অশুদ্ধি জারিত হইয়া দ্রবীভূত হয় এবং অন্যান্য অশুদ্ধিগুলি ভাসিয়া উঠে। ইহা চাপের সাহায্যে শ্যাময় চামড়ায় ছাঁকিয়া বায়ু-শূন্য যন্ত্রে পাতিত করিলে বিশুদ্ধ ফসফরাস পাওয়া যায়।

(ঘ) সাদা ফসফরাস প্রধানতঃ ফসফরাসজনিত সার এবং লাল ফসফরাস প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ইহা ফসফরাস পেন্টক্সাইড ও ক্লোরাইড, সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম হাইপো-ফসফাইট, মরিচাবোধী ফসফর ব্রোঞ্জ ও আগুনে বোমা প্রস্তুতকরণে এবং ধূম্রজাল সৃষ্টির জন্য ও ইঁদুরের বিষ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ২৩০। (ক) অস্থিভস্ম কি? (খ) ইহা হইতে তড়িৎ পদ্ধতিতে কিরূপে সাদা ফসফরাস প্রস্তুত করা হয়। (গ) ইহার ধর্ম উল্লেখ কর। (ঘ) সাদা ফসফরাস জলের মধ্যে রাখা হয় কেন?

উত্তর : (ক) অস্থিতে ক্যালসিয়াম ফসফেট, চর্বিজাতীয় ও নাইট্রোজেন-ঘটিত পদার্থ এবং সামান্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট থাকে। অস্থিচূর্ণ হইতে কার্বন ডাই-সালফাইডের সাহায্যে চর্বি নিষ্কাশিত করিয়া উহাকে অতি-তপ্ত স্টীমে সিদ্ধ করিলে জিলেটিন জাতীয় পদার্থ দ্রবীভূত হয়। অতঃপর উহাকে বায়ুবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করিলে উদ্বায়ী পদার্থগুলি দূরীভূত হয় এবং পাত্রে অবশেষরূপে প্রাণিজ অঙ্গার পড়িয়া থাকে। ইহাতে ক্যালসিয়াম ফসফেট ও কার্বন থাকে। প্রাণিজ অঙ্গার বায়ুতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে অস্থি-ভস্ম পাওয়া যায়। ইহাতে প্রায় 80% ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে।

(খ) **সাদা ফসফরাস প্রস্তুতি**—২২৯ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম পদ্ধতি দেখ।

(গ) **ভৌত ধর্ম**—সাদা ফসফরাস অল্প স্বচ্ছ, রসুনের গন্ধযুক্ত স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। ইহা মোমের মত নরম ; ঘনত্ব 1·84 এবং গলনাঙ্ক 44°C. ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু CS_2, ইথার ও অ্যালকোহলে দ্রাব্য। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) সাদা ফসফরাস খুবই সক্রিয় মৌল। স্বাভাবিক উষ্ণতায় বায়ুর সংস্পর্শে ইহা জারিত হয় এবং স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঈষৎ সবুজ শিখায় জ্বলে। বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ইহা ফসফরাস পেন্টক্সাইডের সাদা ধূম নির্গত করে : $4P+5O_2=2P_2O_5$.

(ii) ইহা হ্যালোজেনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া ফসফরাস ট্রাই-হ্যালাইড ও পেন্টা-হ্যালাইড গঠন করে : $2P+2Cl_3=2PCl_3$; $2P+5Cl_2=2PCl_5$.

(iii) উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণে সাদা ফসফরাস দ্রবীভূত হয় এবং ফসফিন গ্যাস ও হাইপো-ফসফাইট লবণ উৎপন্ন করে।

$$4P+3NaOH+3H_2O=PH_3+3NaH_2PO_2$$

(iv) সাদা ফসফরাস বিজারক দ্রব্য। ইহা $CuSO_4$ দ্রবণকে বিজারিত করিয়া ধাতব কপার অধঃক্ষিপ্ত করে। গাঢ় HNO_3-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে ইহা ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$2P+5CuSO_4+8H_2O=5Cu+2H_3PO_4+5H_2SO_4$$

(ঘ) বায়ুর সংস্পর্শে সাদা ফসফরাস স্বতঃস্ফূর্তভাবে জারিত হইয়া অক্সাইডের ধোঁয়া নির্গত করে। এই ধোঁয়া খুব বিষাক্ত। এইজন্য সাদা ফসফরাস সর্বদা জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয়।

প্রশ্ন : ২৩১। (ক) ফসফরাসের প্রধান দুইটি রূপভেদ কি? (খ) উহাদের প্রস্তুত প্রণালী বিবৃত কর। (গ) উহাদের ধর্মের তুলনা কর।

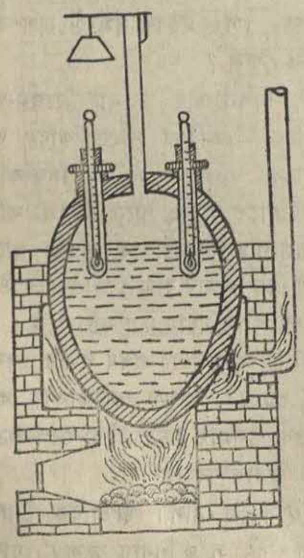
উত্তর : (ক) ফসফরাসের প্রধান দুইটি রূপভেদের নাম সাদা ফসফরাস ও লাল ফসফরাস। সাদা ফসফরাস স্ফটিকাকার এবং লাল ফসফরাস অনিয়তাকার।

(খ) **সাদা ফসফরাস প্রস্তুতি**—২২৯ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

লাল ফসফরাস প্রস্তুতি—একটি আবদ্ধ পাত্রে সাদা ফসফরাস সামান্য আয়োডিন সহযোগে নিষ্ক্রিয় N_2 বা CO_2 গ্যাসের মধ্যে রাখিয়া 240°–250°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে সাদা ফসফরাস লাল ফসফরাসে পরিবর্তিত হয়; বিক্রিয়ায় আয়োডিন অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করে।

$$P\ (\text{সাদা}) \xrightarrow{250^\circ C} P\ (\text{লাল})$$

বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক এবং দ্রুত-গতিতে নিষ্পন্ন হইয়া যাহাতে বিস্ফোরণ না ঘটায় সেইজন্য বিশেষ ব্যবস্থা থাকে এবং উষ্ণতা 250°C-এর কাছাকাছি রাখা হয়। উৎপন্ন লাল ফসফরাসে সর্বদাই কিছু সাদা ফসফরাস মিশ্রিত থাকে। বিক্রিয়া শেষে উহা জলের মধ্যে চূর্ণ করিয়া গাঢ় NaOH দ্রবণের সহিত ফুটাইলে সাদা ফসফরাস দূরীভূত হয় কিন্তু লাল ফসফরাস অবিকৃত থাকে। ইহাকে জলে ধৌত করিয়া শুষ্ক করিলেই লাল ফসফরাস পাওয়া যায়।



চিত্র ৩৭

(গ) **সাদা ও লাল ফসফরাসের ধর্মের তুলনা—**

ধর্ম	সাদা ফসফরাস	লাল ফসফরাস
(১) বর্ণ, গন্ধ, অবস্থা প্রভৃতি	সাদা রসুনের গন্ধযুক্ত স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ, মোমের মত নরম।	লাল গন্ধহীন অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ।
(২) ঘনত্ব ও গলনাঙ্ক	1·84 ; 44°C.	2·16 ; >500°C.
(৩) দ্রাব্যতা	জলে অদ্রাব্য, CS_2-তে দ্রবণীয়।	জলে ও CS_2-তে অদ্রাব্য।
(৪) শারীরিক ক্রিয়া	বিষাক্ত।	বিষাক্ত নয়।
(৫) বায়ুর সহিত ক্রিয়া	বায়ুতে জলে এবং অনুপ্রভা দেয়।	250°C-এর ঊর্ধ্বে জলে।
(৬) ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া	উত্তপ্ত অবস্থায় PH_3 দেয়।	কোন ক্রিয়া নাই।
(৭) ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া	PCl_3 ও PCl_5 গঠন করে।	উত্তপ্ত অবস্থায় ক্রিয়া করে।

প্রশ্ন ঃ ২৩২। (ক) **লাল ফসফরাস অপেক্ষা সাদা ফসফরাস যে অধিক সক্রিয় তাহা দেখাও।** (খ) **কিভাবে উহাদের পারস্পরিক রূপান্তর করা যায়?** (গ) **উহারা যে একই মৌলের বিভিন্ন রূপভেদ তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে?** (ঘ) **লাল ফসফরাস কি কাজে লাগে।**

উত্তর ঃ (ক) সাদা ফসফরাস সাধারণ উষ্ণতায় অক্সিজেন, ক্লোরিন ও আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়া করে এবং তাপ ও আলো উৎপাদন করিয়া জলে। কিন্তু লাল ফসফরাস সাধারণ উষ্ণতায় উহাদের সহিত ঐ রকম কোন বিক্রিয়া করে না।

(i) সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুতে রাখিলে সাদা ফসফরাস জারিত হইয়া সবুজ শিখাসহ জলিতে থাকে। একখণ্ড সাদা ফসফরাস CS_2 তরলে দ্রবীভূত করিয়া উহার একাংশ একটি ফিল্টার কাগজের উপর ঢালা হইল। CS_2 বাষ্পীভূত হইয়া গেলে কাগজস্থিত সাদা ফসফরাস স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলিয়া উঠে।

(ii) ক্লোরিন গ্যাস-ভর্তি একটি গ্যাসজারে উজ্জ্বলন চামচের সাহায্যে একখণ্ড সাদা ফসফরাস প্রবেশ করান হইল। ফসফরাস ট্রাই- ও পেন্টা-ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন করিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলিয়া উঠে। $2P+3Cl_2=2PCl_3$; $2P+5Cl_2=2PCl_5$.

(iii) একখণ্ড সাদা ফসফরাস আয়োডিন কেলাসের সংস্পর্শে আনা হইল। ইহা ট্রাই-আয়োডাইড উৎপন্ন করিয়া শিখাসহ জলিয়া উঠে। $2P+3I_2=2PI_3$.

(খ) সাদা ফসফরাস সামান্য আয়োডিন অনুঘটকের উপস্থিতিতে N_2 বা CO_2 গ্যাসে রাখিয়া 240° – 250°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে লাল ফসফরাসে পরিণত হয়।

লাল ফসফরাসকে CO_2 গ্যাসের মধ্যে রাখিয়া 550°C-এর ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে উহা বাষ্পীভূত হয় ; ঠাণ্ডা করিলে এই বাষ্প সাদা ফসফরাস রূপে ঘনীভূত হয়।

(গ) (*i*) সমান ওজনের বিশুদ্ধ সাদা ফসফরাস ও লাল ফসফরাস পৃথকভাবে অতিরিক্ত বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনে দহন করিলে উভয় ক্ষেত্রেই সমান ওজনের ফসফরাস পেন্টক্সাইড উৎপন্ন হয় : $4P+5O_2=2P_2O_5$.

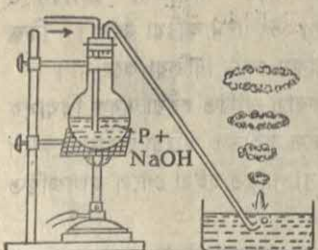
(ii) নির্দিষ্ট ওজনের সাদা ফসফরাস সামান্য আয়োডিন সহযোগে N_2 বা CO_2-এর মধ্যে 240°-250°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে উহা লাল ফসফরাসে পরিণত হয়। দেখা যায়, উৎপন্ন লাল ফসফরাসের ওজন গৃহীত সাদা ফসফরাসের ওজনের সমান। এই লাল ফসফরাসকে CO_2 গ্যাসের মধ্যে 550°C উষ্ণতার উর্ধ্বে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিলে উহা সাদা ফসফরাসরূপে ঘনীভূত হয়। এই সাদা ফসফরাসের ওজনও গৃহীত সাদা ফসফরাসের ওজনের সমান হয়। সুতরাং প্রমাণিত হয় যে সাদা ও লাল ফসফরাস একই মৌল ফসফরাসের বিভিন্ন রূপভেদ মাত্র।

(ঘ) **ব্যবহার**—লাল ফসফরাস সমস্ত দিয়াশলাই প্রস্তুতিতে এবং পরীক্ষাগারে হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ২৩৩। (ক) পরীক্ষাগারে কিভাবে বিশুদ্ধ ফসফিন প্রস্তুত করা হয়। (খ) অবিশুদ্ধ ফসফিন স্বতঃস্ফূর্তভাবে বায়ুতে জ্বলে কেন? (গ) আবর্ত-বলয় কি?

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—বায়ুর অনুপস্থিতিতে তীব্র ক্ষার দ্রবণের সহিত সাদা ফসফরাস ফুটাইয়া ফসফিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়; দ্রবণে হাইপো-ফসফাইট লবণ পড়িয়া থাকে। $4P+3NaOH+3H_2O=PH_3+3NaH_2PO_2$.

একটি গোলতল ফ্লাস্কে গাঢ় 30% NaOH দ্রবণ লইয়া উহাতে কয়েক টুকরা সাদা ফসফরাস যোগ করা হইল। দীর্ঘ-নলের সাহায্যে ফ্লাস্কের ভিতর দিয়া কোল-গ্যাস বা CO_2 প্রবাহে অভ্যন্তরস্থ বায়ু অপসারিত করিয়া ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করা হইল। বিক্রিয়ার ফলে ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া নির্গম নল দিয়া বাহির হয়। ইহার সহিত সর্বদাই অল্প পরিমাণে ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড, P_2H_4 মিশ্রিত থাকে। এই অবিশুদ্ধ গ্যাসকে হিম-মিশ্রণে আবৃত U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে P_2H_4 তরলে পরিণত হয়। নলের অপর প্রান্ত দিয়া বিশুদ্ধ ফসফিন গ্যাস বাহিরে আসিলে জলের অপসারণ দ্বারা ইহা সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র ৩৮

(খ) বিশুদ্ধ ফসফিন বায়ুতে আপনি জলে না। কিন্তু অবিশুদ্ধ ফসফিন গ্যাসে সর্বদাই অল্প পরিমাণে ফসফরাস ড্রাই-হাইড্রাইড, P_2H_4 মিশ্রিত থাকে। ইহা অত্যধিক দাহ্য বলিয়া বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে; সেইসঙ্গে ফসফিনও জ্বলে।

(গ) সাদা ফসফরাস ও গাঢ় NaOH দ্রবণের বিক্রিয়ায় অবিশুদ্ধ ফসফিন উৎপন্ন হইয়া নলের মুখ দিয়া জল হইতে বুদ্‌বুদের মত বাহির হইবার সময় বায়ুর সংস্পর্শে

জ্বলিয়া উঠে এবং কুণ্ডলাকারে সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি করিয়া উপরের দিকে আয়তনে বাড়িয়া উঠিতে থাকে। এই কুণ্ডলাকৃতি ধোঁয়াকে আবর্ত-বলয় বলে। বায়ুতে দহনকালে জারিত হইয়া সূক্ষ্ম P_2O_5 কণা গঠিত হইবার ফলে এই ধোঁয়া সৃষ্টি হয়।

প্রশ্ন : ২৩৪। (ক) ফসফিনের প্রধান ধর্মগুলি কি? (খ) ইহার সহিত অ্যামোনিয়ার ধর্মের তুলনা কর।

উত্তর : (ক) **ভৌত ধর্ম**—ফসফিন বর্ণহীন, বিষাক্ত ও পচা মাছের দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং জলে সামান্য দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ফসফিন অদাহ্য গ্যাস কিন্তু 150°C উষ্ণতায় বায়ু বা অক্সিজেনে জ্বলিয়া P_2O_5 ও জল উৎপন্ন করে। $2PH_3+4O_2=P_2O_5+3H_2O$.

(ii) ফসফিন স্বাভাবিক উষ্ণতায় ক্লোরিন গ্যাসে জ্বলে এবং ট্রাই-ক্লোরাইড বা পেন্টা-ক্লোরাইড ও HCl-এ পরিণত হয়।

$$PH_3+3Cl_2=PCl_3+3HCl\ ;\ PH_3+4Cl_2=PCl_5+3HCl$$

(iii) ফসফিন মৃদু ক্ষারগুণ সম্পন্ন। ইহা লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করে না কিন্তু হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া দুঃস্থিত ফসফোনিয়াম লবণ গঠন করে।

$$PH_3+HI=PH_4I$$

(iv) ফসফিন তীব্র বিজারক দ্রব্য। ইহা $CuSO_4$ ও $AgNO_3$ দ্রবণ হইতে যথাক্রমে কালো কপার ফসফাইড ও ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$3CuSO_4+2PH_3=Cu_3P_2+3H_2SO_4$$

$$6AgNO_3+PH_3+3H_2O=6Ag+6HNO_3+H_3PO_3$$

(v) ইহা HCl-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়।

(খ) **অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের ধর্মের তুলনা :—**

ধর্ম	অ্যামোনিয়া, NH_3	ফসফিন, PH_3
(১) বর্ণ, গন্ধ, অবস্থা প্রভৃতি	বর্ণহীন, ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গ্যাস; বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা।	বর্ণহীন, পচা মাছের দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাস; বায়ু অপেক্ষা ভারী।
(২) শারীরিক ক্রিয়া	বিষাক্ত নয়।	অত্যন্ত বিষাক্ত।
(৩) দ্রাব্যতা এবং লিটমাসের উপর ক্রিয়া	জলে অত্যধিক দ্রাব্য; দ্রবণ লাল লিটমাস নীলবর্ণ করে।	জলে অল্প দ্রাব্য; দ্রবণ লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করে না।
(৪) দহনশীলতা	দাহ্য বা দহন-সহায়ক নয়; অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেনে জ্বলে।	দাহ্য বা দহন-সহায়ক নয়; বায়ু বা অক্সিজেনে জ্বলে।
(৫) ক্ষার ধর্ম	তীব্র ক্ষারধর্মী; সকল শ্রেণীর অ্যাসিডের সহিত অ্যামোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে।	মৃদু ক্ষারধর্মী; কেবল হাইড্রাসিডের সহিত ফসফোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে।

ধর্ম	অ্যামোনিয়া, NH_3	ফসফিন, PH_3
(৬) ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া	অতিরিক্ত ক্লোরিনের সহিত NCl_3 ও HCl গঠন করে।	ক্লোরিনে আপনি জ্বলে এবং ক্লোরাইড ও HCl গঠন করে।
(৭) বিজারণ ক্রিয়া	মৃদু বিজারক দ্রব্য ; কেবলমাত্র অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত CuO বা PbO-কে ধাতুতে বিজারিত করে।	শক্তিশালী বিজারক পদার্থ ; সাধারণ উষ্ণতার কপার ও সিলভার লবণের দ্রবণকে বিজারিত করে।
(৮) অধঃক্ষেপন ক্রিয়া	অনেক ধাতব লবণের দ্রবণ হইতে ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে।	কপার লবণের দ্রবণ হইতে ধাতব ফসফাইড অধঃক্ষিপ্ত করে।
(৯) বিযোজন	তড়িৎ-স্পর্শে বা 1000°C উষ্ণতায় মৌলে বিযোজিত হয়।	তড়িৎ-স্পর্শে বা 440°C উষ্ণতায় মৌলে বিযোজিত হয়।

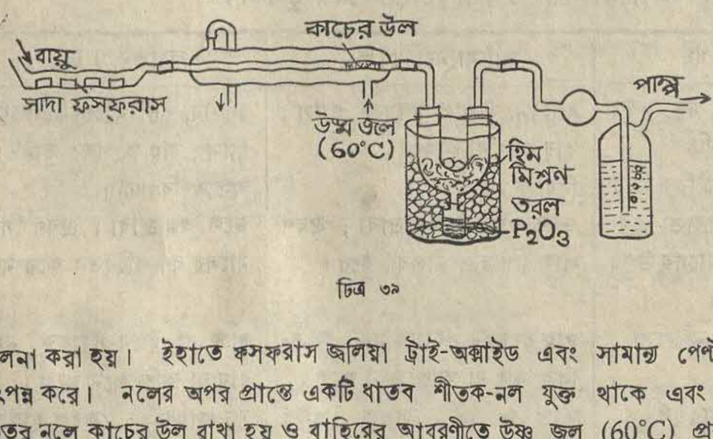
প্রশ্ন : ২৩৫। (ক) **ফসফরাসের প্রধান অক্সাইডগুলি কি ?** (খ) **উহাদের কিরূপে প্রস্তুত করা হয় ? উহাদের ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।**

উত্তর : (ক) ফসফরাসের প্রধান দুইটি অক্সাইডের নাম ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড P_2O_3 বা P_4O_6 এবং ফসফরাস পেন্টক্সাইড, P_2O_5 বা P_4O_{10}.

(খ) **ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড : প্রস্তুতি**—সীমিত শুষ্ক বায়ুপ্রবাহে সাদা ফসফরাস দহন করিয়া ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$4P + 3O_2 = 2P_2O_3$$

একটি কাচনলে সাদা ফসফরাস লইয়া উহার উপর দিয়া শুষ্ক বায়ু অতি ধীরে



চিত্র ৩৯

চালনা করা হয়। ইহাতে ফসফরাস জ্বলিয়া ট্রাই-অক্সাইড এবং সামান্য পেন্টক্সাইড উৎপন্ন করে। নলের অপর প্রান্তে একটি ধাতব শীতক-নল যুক্ত থাকে এবং উহার ভিতর নলে কাচের উল রাখা হয় ও বাহিরের আবরণীতে উষ্ণ জল (60°C) প্রবাহিত করা হয়। বায়ুস্রোতের সহিত অক্সাইড মিশ্রণটি শীতক-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহকালে P_2O_5 ঘনীভূত হইয়া কাচের উলের মধ্যে কঠিন অবস্থায় থাকিয়া যায় কিন্তু ট্রাই-

অক্সাইড গ্যাসীয় অবস্থায় নলের মধ্য দিয়া বাহির হয়। ইহা হিম-মিশ্রণে রাখা U-নলের ভিতর বর্ণহীন কেলাসরূপে ঘনীভূত হয়।

ধর্ম—ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড বর্ণহীন কেলাস, গলনাঙ্ক 23·8°C. ইহা তীব্র বিষ এবং রসুনের গন্ধযুক্ত। ইহা আম্লিক অক্সাইড এবং ঠাণ্ডা জলে দ্রবীভূত হইয়া ফসফরাস অ্যাসিড গঠন করে : $P_2O_3+3H_2O=2H_3PO_3$.

ব্যবহার—ইহা ফসফরাস অ্যাসিড ও পেন্টক্সাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

ফসফরাস পেন্টক্সাইড : প্রস্তুতি—অতিরিক্ত শুষ্ক বায়ুতে সাদা ফসফরাস দহন করিয়া ফসফরাস পেন্টক্সাইড প্রস্তুত করা হয় : $4P+5O_2=2P_2O_5$.

একটি ছোট চামচে সাদা ফসফরাস প্রজ্বলিত করিয়া উহা সঙ্গে সঙ্গে একটি বেলজারের মধ্যে রাখা হয়। প্রচুর ধোঁয়া সহ পেন্টক্সাইড উৎপন্ন হইয়া গুঁড়ার আকারে জারের তলদেশে সঞ্চিত হয়। ইহাতে সামান্য P_2O_3 থাকে বলিয়া আবদ্ধ নলে রাখিয়া শুষ্ক অক্সিজেন প্রবাহে 600° – 700°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে P_2O_3 জারিত হয় এবং বিশুদ্ধ P_2O_5 পাওয়া যায়।

ধর্ম—ফসফরাস পেন্টক্সাইড বিচূর্ণ ও সাদা উদ্‌গ্রাহী পদার্থ; ইহা 250°C উষ্ণতায় ঊর্ধ্বপাতিত হয়। ইহা আম্লিক অক্সাইড এবং জলের প্রতি ইহার আকর্ষণ অত্যন্ত বেশী। ঠাণ্ডা জলে ইহা হিস্ হিস্ শব্দে বিক্রিয়া করিয়া মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড এবং গরম জলের সঙ্গে অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $P_2O_5+H_2O=2HPO_3$; $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$. ইহা একটি উৎকৃষ্ট নিরুদক পদার্থ ; গাঢ় H_2SO_4 ও HNO_3 হইতে ইহা জল শোষণ করিয়া উহাদের অ্যানহাইড্রাইড গঠন করে। $H_2SO_4+P_2O_5=2HPO_3+SO_3$; $2HNO_3+P_2O_5=2HPO_3+N_2O_5$.

ব্যবহার—P_2O_5 আর্দ্র পদার্থ শুষ্ক করিতে এবং শোষকাধারে নিরুদকরূপে ব্যবহৃত হয়। N_2O_5 ও SO_3 প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার আছে।

প্রশ্ন : ২৩৬। (ক) কিভাবে ফসফরাস অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়? (খ) ইহার বিজারণ ক্রিয়ার উপযুক্ত উদাহরণ দাও। (গ) ফসফরাস অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে কি হয়?

উত্তর : (ক) প্রস্তুতি—ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইডকে শীতল জলে আর্দ্র-বিশ্লেষণ করিয়া ফসফরাস অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। জলের মধ্যে ফসফরাস গলাইয়া উহার ভিতর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে প্রথমে ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। ইহা সঙ্গে সঙ্গে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $2P+3Cl_2=2PCl_3$; $PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl$. দ্রবণটিকে প্রায় 180°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বাষ্পাকারে দূরীভূত হয়। পরে ইহাকে গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে ফসফরাস অ্যাসিডের সাদা স্ফটিক পাওয়া যায়।

(খ) $AgNO_3$ বা $CuSO_4$ দ্রবণে ফসফরাস অ্যাসিড যোগ করিলে উহারা

বিজারিত হইয়া ধাতব সিলভার বা কপার অধঃক্ষিপ্ত করে এবং নিজে ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। $2AgNO_3+H_3PO_3+H_2O=2Ag+2HNO_3+H_3PO_4$; $CuSO_4+H_3PO_3+H_2O=Cu+H_2SO_4+H_3PO_4$. ইহা সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে সালফার মুক্ত করে। $SO_2+2H_3PO_3=S+2H_3PO_4$. অতএব ফসফরাস অ্যাসিড একটি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য।

(গ) কঠিন ফসফরাস অ্যাসিড 200°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে বিযোজিত হইয়া বিশুদ্ধ ফসফিন ও ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $4H_3PO_3=PH_3+3H_3PO_4$.

প্রশ্ন : ২৩৭। (ক) অস্থিভস্ম, (খ) লাল ফসফরাস, (গ) ফসফরাস পেণ্টক্সাইড ও (ঘ) ফসফেট খনিজ হইতে কিরূপে ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় ?

উত্তর : (ক) অস্থিভস্ম হইতে—সীসার আস্তরণ দেওয়া লোহার ট্যাঙ্কে অস্থিভস্ম চূর্ণ ও গাঢ় 60% H_2SO_4-এর মিশ্রণ কয়েক ঘণ্টা ফুটাইলে বিক্রিয়ার ফলে ফসফরিক অ্যাসিড ও অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় : $Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+2H_3PO_4$. অদ্রাব্য $CaSO_4$ কোক-স্তরে পরিস্রুত করিয়া দ্রবণকে উত্তাপ প্রয়োগে গাঢ় করিলে ফসফরিক অ্যাসিডের সিরাপ (85%) পাওয়া যায়।

(খ) **লাল ফসফরাস হইতে**—লাল ফসফরাস ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড একটি রিফ্লাক্স শীতকযুক্ত পাত্রে কিছুক্ষণ ফুটাইলে ফসফরিক অ্যাসিড ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড উৎপন্ন হয় ; $4P+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_2$. পরে দ্রবণটিকে জলগাহে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে উবিয়া যায়। বিক্রিয়া শেষে দ্রবণটি পোর্সিলেন থালায় রাখিয়া 180°C উষ্ণতায় বাষ্পীভূত করিলে সিরাপের মত ফসফরিক অ্যাসিডের গাঢ় দ্রবণ পাওয়া যায়। এই সিরাপ হিমশীতল শোষকাধারে রাখিলে ফসফরিক অ্যাসিডের উদ্‌গ্রাহী স্ফটিক কেলাসিত হয়।

(গ) **ফসফরাস পেণ্টক্সাইড হইতে**—ফসফরাস পেণ্টক্সাইড জলে মিশাইলে হিস্ হিস্ শব্দ করিয়া দ্রবীভূত হয়। এই জলীয় দ্রবণ ফুটাইলে ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় : $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$.

(ঘ) **ফসফেট খনিজ হইতে**—বিচূর্ণ খনিজ ফসফেট (ফসফরাইট, অ্যাপাটাইট), বালি ও কোকের মিশ্রণকে তড়িৎ চুল্লীতে তীব্রভাবে 1200°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম সিলিকেট, ফসফরাস ও CO উৎপন্ন হয়। চুল্লীর উপরিভাগে বায়ু প্রবেশ করাইয়া নির্গত ফসফরাস বাষ্প ও CO-কে যথাক্রমে P_2O_5 ও CO_2-এ পরিণত করা হয়। গ্যাস-মিশ্রণ শীতল হইলে উহার উপর জলের ধারা ফেলিলে ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় : $2Ca_3(PO_4)_2+6SiO_2+10C = 6\,CaSiO_3+10CO+P_4$; $P_4+10\,CO+10O_2=2P_2O_5+10CO_2$; $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$.

প্রশ্ন : ২৩৮। (ক) অস্থিভস্ম হইতে কিরূপে (i) সাদা ফসফরাস, (ii) ফসফরাস পেণ্টক্সাইড ও (iii) ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিবে ?

(খ) **ফসফরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে কি হয় লিখ।**

উত্তর : (ক) **অস্থিভস্ম হইতে সাদা ফসফরাস**—২২৯ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) **অস্থিভস্ম হইতে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড**—বিচূর্ণ অস্থিভস্ম (ক্যালসিয়াম ফসফেট), বালি ও কোকের মিশ্রণকে তড়িৎ-চুল্লীতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। চুল্লীর উপরিভাগে ছিদ্রপথে বায়ু প্রবেশ করাইলে উৎপন্ন ফসফরাস বাষ্প ও CO জারিত হইয়া P_2O_5 ও CO_2-এ পরিণত হয়। এই গ্যাস মিশ্রণকে ঠাণ্ডা করিলে P_2O_5 বিচূর্ণ অবস্থায় ঘনীভূত হয়, CO_2 নির্গম পথে বাহির হইয়া যায়। $2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + 10CO = 6CaSiO_3 + 10CO + P_4$; $P_4 + 10CO + 10O_2 = 2P_2O_5 + 10CO_2$.

(iii) **অস্থিভস্ম হইতে ফসফরিক অ্যাসিড**—২৩১ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। [খনিজ ফসফেটের পরিবর্তে অস্থিভস্ম লিখিবে।]

প্রশ্ন : ২৩৯। (ক) নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের মধ্যে তুলনামূলক আলোচনা কর। (খ) কি কি বিষয়ে উহাদের মধ্যে বৈসাদৃশ্য দেখা যায় ?

উত্তর : (ক) **নাইট্রোজেন** এবং **ফসফরাসের তুলনা**—নাইট্রোজেন এবং ফসফরাস পর্যায়-সারণীর একই শ্রেণীভুক্ত (Vb শ্রেণীর) মৌল। এই কারণে এই দুইটি মৌলের মধ্যে নিম্নরূপ অনেক সাদৃশ্য বিদ্যমান। যথা— (১) নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়েই অধাতব মৌল এবং ইহারা পর্যায়-সারণীর পঞ্চম শ্রেণীতে অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে। উহাদের বহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন-বিন্যাস যথাক্রমে $2s^2 2p^3$ এবং $3s^2 3p^3$; সেইজন্য নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের উভয়েরই প্রধান যোজ্যতা তিন ও পাঁচ। (২) উভয়ের একাধিক রূপভেদ দেখা যায়। নাইট্রোজেনের রূপভেদ সক্রিয় নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের প্রধান দুইটি রূপভেদ সাদা ফসফরাস ও লাল ফসফরাস। (৩) নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়েই আম্লিক ট্রাই-অক্সাইড X_2O_3 এবং পেণ্টক্সাইড X_2O_5 গঠন করে; ফলে ইহারা জলের সহিত বিক্রিয়ায় যথাক্রমে 'আস্' ও 'ইক্' জাতীয় অক্সি-অ্যাসিড উৎপন্ন করে। তদুপরি উহাদের উভয়ের আম্লিক টেট্রক্সাইড X_2O_4 আছে; ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া 'আস' ও 'ইক্' উভয় অক্সি-অ্যাসিড গঠন করে। ইহা ছাড়া নাইট্রোজেনের দুইটি প্রশম নাইট্রাস অক্সাইড N_2O ও নাইট্রিক অক্সাইড NO-ও আছে। (৪) উভয়েই একই সংকেতের গ্যাসীয় হাইড্রাইড অ্যামোনিয়া NH_3 ও ফসফিন PH_3 উৎপন্ন করে; ইহারা উভয়েই ক্ষার জাতীয়। (৫) নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়েই ট্রাই-ক্লোরাইড XCl_3 এবং পেণ্টা-ক্লোরাইড XCl_5 গঠন করে; ইহারা সকলেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। (৬) উভয়েই উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে নাইট্রাইড ও ফসফাইড যৌগ সৃষ্টি করে; ইহাদের সহিত জলের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া ও ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

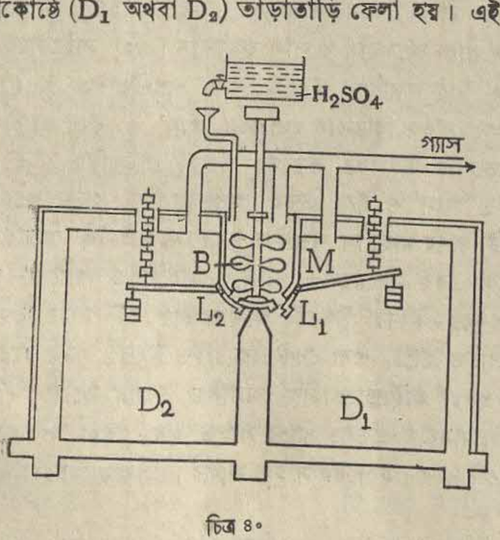
(খ) **বৈসাদৃশ্য**—(১) নাইট্রোজেন গ্যাসীয় পদার্থ কিন্তু ফসফরাস কঠিন পদার্থ। (২) নাইট্রোজেন প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় কিন্তু ফসফরাস সর্বদাই যৌগরূপে

অবস্থান করে। (৩) নাইট্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক, N_2 কিন্তু গ্যাসীয় অবস্থায় ফসফরাস অণু চতুর্পরমাণুক, P_4. (৪) নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয় গ্যাসীয় মৌল, ইহা সহজে অপর মৌলের সহিত যুক্ত হয় না ; কিন্তু ফসফরাস সক্রিয় মৌল বলিয়া অন্যান্য মৌলের সহিত সহজেই যুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগ গঠন করে। (৫) নাইট্রোজেন তড়িৎ-আর্কের সাহায্যে অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড NO উৎপন্ন করে, কিন্তু ফসফরাস সাধারণ উষ্ণতায় স্বতঃস্ফূর্তভাবে অক্সিজেনে জ্বলিয়া ট্রাই-অক্সাইড P_2O_3 ও পেন্টক্সাইড P_2O_5 গঠন করে।

প্রশ্ন : ২৪০। (ক) সুপার ফসফেট অব লাইম কি ? (খ) ইহার পণ্য উৎপাদন বর্ণনা কর। (গ) ইহার প্রধান ব্যবহার কি ? (ঘ) কয়েকটি বিভিন্ন ধরণের সুপার ফসফেটের নাম ও উহাদের কার্যকারিতা উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট, ক্যালসিয়াম সালফেট এবং ফসফরিক অ্যাসিডের কঠিন মিশ্রণকে সুপার ফসফেট অব লাইম বলে।

(খ) খণিজ ফসফরাইট-চূর্ণ বা অস্থিভস্মের সহিত গাঢ় 70% H_2SO_4 (ঘনত্ব 1·45 – 1·60)-এর পারস্পরিক বিক্রিয়ায় সুপার ফসফেট অব লাইমের পণ্য উৎপাদন করা হয়। একটি ঢালাই লোহার চোঙাকৃতি মিশ্রণ-পাত্রে (M) খনিজ ফসফরাইট-চূর্ণ এবং গাঢ় 70% সালফিউরিক অ্যাসিড 3 : 2 ওজনের অনুপাতে লওয়া হয়। পরে মিশ্রণটিকে কয়েক মিনিট আলোড়ক (B) দ্বারা উত্তমরূপে মিশাইয়া উহাকে পাত্রের তলদেশের একটি নির্গম পথ (L_1 অথবা L_2) দিয়া নিম্নস্থ বৃহদাকার ইস্টক-নির্মিত প্রকোষ্ঠে (D_1 অথবা D_2) তাড়াতাড়ি ফেলা হয়। এইভাবে কয়েকবার মিশ্রণ-পাত্রে ফসফরাইট-চূর্ণ ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া একটি প্রকোষ্ঠের অর্ধেক ভর্তি না হওয়া পর্যন্ত উহাতে ফেলা হয়। পরে তলদেশে নির্গম পথটি বন্ধ করিয়া দিয়া মিশ্রণটি অপর নির্গম-পথ দিয়া ভিন্ন প্রকোষ্ঠে ফেলা হয়। ইত্যবসরে মিশ্রণ পাত্রে যে বিক্রিয়া আরম্ভ হয় তাহা ইস্টক নির্মিত প্রকোষ্ঠে ধীরে



চিত্র ৪০

ধীরে সম্পূর্ণ হয় এবং ইহাতে প্রায় 24 ঘণ্টা সময় লাগে। বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত তাপে মিশ্রণটির উষ্ণতা 100° – 110°C থাকে। খনিজ ফসফরাইটে অবস্থিত $CaCO_3$,

CaF_2 ও সিলিকা প্রভৃতি অপদ্রব্যের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় CO_2, HF ও SiF_4 গ্যাস উৎপন্ন হয় ; ইহারা মিশ্রণ-পাত্র এবং প্রকোষ্ঠ উভয়েরই উপরিস্থিত নির্গম পথ দিয়া বাহিরে আসে এবং উহাদিগকে শোষক-স্তম্ভে জলধারায় শোষণ করা হয়। বিক্রিয় শেষে প্রকোষ্ঠে প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট, ক্যালসিয়াম সালফেট ও ফসফরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয় এবং উহা শক্ত হইয়া সচ্ছিদ্র কঠিনাকার পদার্থে পরিণত হয়। এই মিশ্র পদার্থই সুপার ফসফেট অব লাইম। ইহাকে প্রকোষ্ঠ হইতে সরাইয়া চূর্ণ করিয়া পরে উত্তপ্ত বায়ুতে শুষ্ক করা হয়।

$$5Ca_3(PO_4)_2+11H_2SO_4=4Ca(H_2PO_4)_2+2H_3PO_4+11CaSO_4$$

(গ) সুপার ফসফেট অব লাইম ফসফরাস-জনিত কৃত্রিম সার। অধিক পরিমাণে শস্য উৎপাদনের জন্য কৃষির জমিতে ইহা সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) অধুনা বিভিন্ন রকমের সুপার ফসফেট সার জমিতে ব্যবহৃত হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে গাঢ় ফসফরিক অ্যাসিড ও ক্যালসিয়াম ফসফেটের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় ট্রিপল সুপার ফসফেট প্রস্তুত করা হয়। এই ধরণের সারে ফসফরাসের পরিমাণ সুপার ফসফেটের চেয়ে তিনগুণ বেশী থাকে। আবার খনিজ ফসফরাইটের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রেটেড সুপার ফসফেট প্রস্তুত করা হয়। ইহা ছাড়া সাধারণ সুপার ফসফেটের সহিত অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের সংমিশ্রণে অ্যামোনিয়েটেড সুপার ফসফেট প্রস্তুত হয়। একই সঙ্গে ফসফরাস ও নাইট্রোজেন থাকে বলিয়া সার হিসাবে ইহারা সাধারণ সুপার ফসফেট অপেক্ষা বেশী কার্যকরী।

———

প্রশ্ন : ২৪১। (ক) প্রকৃতিতে সালফার কিভাবে পাওয়া যায়? (খ) ইহা কিরূপে নিষ্কাশিত করা হয়? (গ) ইহার পরিশোধন পদ্ধতি বর্ণনা কর। (ঘ) সালফারের প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) সালফার মৌলাবস্থায় জাপান, আমেরিকা ও ইতালীতে পাওয়া যায়। সালফাইডরূপে আয়রণ পাইরাইটিস (FeS_2), কপার পাইরাইটিস ($CuFeS_2$), জিঙ্ক ব্লেণ্ড (ZnS), গ্যালেনা (PbS) ইত্যাদিতে এবং সালফেটরূপে জিপসাম ($CaSO_4.2H_2O$), ব্যারাইটিস ($BaSO_4$), কাইসেরাইট ($MgSO_4.H_2O$) ইত্যাদিতে সালফার থাকে।

(খ) আমেরিকার লুইসিয়ানা ও ইতালীর সিসিলির সালফার খনি হইতে দুই বিভিন্ন পদ্ধতিতে সালফার নিষ্কাশন করা হয়।

(১) **ফ্রাশ পদ্ধতি**—আমেরিকায় ভূ-পৃষ্ঠের প্রায় 700-800 ফুট নীচে মাটির তলায় চুনাপাথর, বালি ও সালফার সঞ্চিত থাকে। ভূ-পৃষ্ঠ হইতে সালফারের স্তর পর্যন্ত বিভিন্ন ব্যাসের তিনটি সমকেন্দ্রিক ইস্পাতের নল বসান হয়। পাম্পের সাহায্যে বহিঃস্থ নল দিয়া 10 বায়ু-চাপে 180°C উষ্ণতায় অতি-তপ্ত জল এবং কেন্দ্রস্থ নল দিয়া 35 বায়ু-চাপে সংনমিত বায়ু প্রেরণ করা হয়। উত্তপ্ত জলের সংস্পর্শে সালফার গলিয়া যায় এবং বায়ুর প্রচণ্ড চাপে মধ্যবর্তী নল দিয়া গলিত সালফার ফেনান্বিত অবস্থায় ভূ-পৃষ্ঠে উঠিয়া আসে। পরে উহাকে বড় বড় কাঠের চৌবাচ্চায় শীতল করা হয়। এই সালফার প্রায় 99·5-99·8% বিশুদ্ধ।

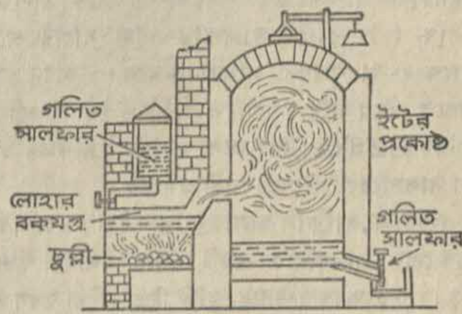


চিত্র ৪১

(২) **সিসিলীয় পদ্ধতি**—সিসিলির সালফার মিশ্রিত শিলায় 20% সালফার এবং বাকী চুনাপাথর, জিপসাম, বালি ও মাটি থাকে। শিলাগুলি বৃহৎ ইষ্টক-নির্মিত চুল্লীতে স্তূপীকৃত করিয়া উহাতে উপরের দিকে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। চুল্লীর তলদেশ একদিকে ঢালু থাকে। ইহাতে এক-তৃতীয়াংশ সালফার পুড়িয়া যায় এবং উহারই উদ্ভূত তাপে বাকী সালফার গলিয়া

ঢালু তলদেশ বাহিয়া একটি কাঠের চৌবাচ্চায় জমা হয়। এই সালফারে 5 – 7% শিলাজাত অপদ্রব্য থাকে। ইহাকে পাতন প্রক্রিয়ায় পরিশোধন করা হয়।

(গ) **পরিশোধন**—লোহার পাত্রে সালফার গলাইয়া উহাকে নলের সাহায্যে চুল্লীর উপর বসানো একটি লৌহ-নির্মিত বকযন্ত্রে লইয়া যাওয়া হয়। সালফার বাষ্পীভূত হইয়া সন্নিহিত একটি সুবৃহৎ ইষ্টক-প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে এবং উহার ঠাণ্ডা দেওয়ালে প্রথমে হলুদ বর্ণের গন্ধক চূর্ণরূপে ঘনীভূত হয়। প্রকোষ্ঠের উত্তাপ বৃদ্ধি পাইলে উহা গলিয়া মেঝেতে সঞ্চিত হয়। গলিত বিশুদ্ধ সালফার নির্গম নলের সাহায্যে বাহির করিয়া কাঠের ছাঁচে জমানো হয়। ইহাকে রোল সালফার বলে।



চিত্র ৪২

(ঘ) **ভৌত ধর্ম**—সালফার ঈষৎ হলুদ বর্ণের ভঙ্গুর কঠিন পদার্থ। ইহার গলনাঙ্ক 113°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 444.6°C. ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয়। ইহা তাপ ও তড়িৎ পরিবাহী নয়।

রাসায়নিক ধর্ম—সালফার সহজ-দাহ্য পদার্থ ; ইহা বায়ু বা অক্সিজেনে নীল শিখায় জ্বলিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড ও সামান্য সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। উত্তাপের প্রভাবে হাইড্রোজেন, হ্যালোজেন (আয়োডিন বাদে), কার্বন, ফসফরাস ও বিভিন্ন ধাতুর সহিত সালফার যুক্ত হইয়া সালফাইড যৌগ গঠন করে।

$$H_2+S=H_2S\ ;\ 2S+Cl_2=S_2Cl_2\ ;\ C+S_2=CS_2\ ;\ Fe+S=FeS$$

লঘু অ্যাসিডের সহিত সালফার বিক্রিয়া করে না কিন্তু উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4 ও HNO_3 দ্বারা ইহা জারিত হইয়া যথাক্রমে SO_2 ও H_2SO_4-এ পরিণত হয়। $S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$; $S+6HNO_3=H_2SO_4+6NO_2+2H_2O$.

সালফার ক্ষার দ্রবণে ফুটাইলে ধাতব সালফাইড ও থায়োসালফেট গঠিত হয় ; উৎপন্ন সালফাইড পরে অতিরিক্ত সালফারের সহিত যুক্ত হইয়া পলি-সালফাইডে পরিণত হয়।

$$4S+6KOH=2K_2S+K_2S_2O_3+3H_2O\ ;\ K_2S+4S=K_2S_5$$

ব্যবহার—সালফার ডাই-অক্সাইডের পণ্য উৎপাদনে, রবার, কার্বন ডাই-সালফাইড, সোডিয়াম থায়োসালফেট, ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট, সালফাইড রঞ্জক, আলট্রা-মেরিন ব্লু প্রভৃতি প্রয়োজনীয় যৌগ, জীবাণুনাশক মলম ও ঔষধ এবং বন্দুকের বারুদ প্রস্তুতিতে সালফার ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ২৪২। (ক) সালফারের প্রধান কয়েকটি রূপভেদের নাম কর। (খ) উহাদের কি উপায়ে প্রস্তুত করা যায়? (গ) প্রত্যেকটির ভৌত ধর্ম উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) সালফারের বিভিন্ন রূপভেদ আছে। তন্মধ্যে স্ফটিকাকার রম্বিক ও মনোক্লিনিক সালফার এবং অনিয়তাকার প্লাষ্টিক, সাদা ও কলয়েড সালফার উল্লেখযোগ্য।

(খ) (১) **রম্বিক সালফার**—ইহা সাধারণভাবে উৎপন্ন হলুদ বর্ণের সালফার। ইহাকে α- বা অষ্টপলা সালফারও বলে। কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত সালফার দ্রবণকে ধীরে ধীরে বাষ্পায়িত করিলেও ইহা পাওয়া যায়। ইহার ঘনত্ব 2·06 এবং গলনাঙ্ক 112·8°C. ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে সহজেই দ্রবণীয়। ইহা সালফারের সর্বাপেক্ষা স্থায়ী রূপভেদ।

(২) **মনোক্লিনিক সালফার**—ইহা β- বা প্রিজম সালফার নামেও পরিচিত। বিচূর্ণ রোল সালফারকে একটি খর্পরে গলাইয়া শীতল করিলে উপরিভাগে একটি সর পড়ে। এই অবস্থায় উপরে দুইটি ছিদ্র করিয়া তরল সালফার ঢালিয়া লইলে দীর্ঘাকৃতি সূক্ষ্ম সূচের মত স্বচ্ছ হলুদ মনোক্লিনিক সালফারের কেলাস পাওয়া যায়। ইহার ঘনত্ব 1·96 এবং গলনাঙ্ক 118·75°C; ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয়।

(৩) **প্লাস্টিক সালফার**—রোল সালফার একটি পরীক্ষানলে গলাইয়া সূক্ষ্ম ধারায় শীতল জলে ফেলিলে রবারের মত নমনীয় স্বচ্ছ হলুদ প্লাষ্টিক সালফার পাওয়া যায়; ইহাকে γ-সালফারও বলা হয়। ইহার ঘনত্ব 1·95; ইহা কার্বন ডাই-সালফাইড ও জলে অদ্রবণীয়।

(৪) **সাদা সালফার**—বিচূর্ণ সালফার চুন-গোলার সহিত ফুটাইলে উহাদের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম পেন্টা-সালফাইড ও থায়োসালফেট উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন লাল দ্রবণকে অপরিবর্তিত চুন ও সালফার হইতে পৃথক করিয়া উহাতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে সাদা মিল্ক অব সালফার পাওয়া যায়। ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয়। $12S+3Ca(OH)_2=2CaS_5+CaS_2O_3+3H_2O$; $2CaS_5+CaS_2O_3+6HCl=12S+3CaCl_2+4H_2O$.

(৫) **কলয়েড সালফার**—সোডিয়াম থায়োসালফেটের লঘু দ্রবণকে অ্যাসিড সহযোগে অম্লীকৃত করিলে বা সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করিলে দুধের মত ঘোলাটে সাদা কলয়েড বা δ-সালফার পাওয়া যায়। এই সালফার জলে প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে; ইহা থিতাইয়া নীচে পড়ে না বা ইহাকে ছাঁকিয়া পৃথক করা যায় না। ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয়। $Na_2S_2O_3+2HCl=2NaCl+H_2O+SO_2+S$; $2H_2S+SO_2=2H_2O+3S$.

প্রশ্ন : ২৪৩। (ক) পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সালফাইড (বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন) প্রস্তুতি ও সংগ্রহের বিবরণ দাও। (খ) কিরূপে ইহা বিশুদ্ধ করা হয়? (গ) ইহার প্রধান ধর্মগুলি বিবৃত কর।

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—সাধারন উষ্ণতায় ফেরাস সালফাইডের সহিত লঘু

H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড (বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন) প্রস্তুত করা হয়। $FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S$.

দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গমনল যুক্ত একটি উল্ফ বোতলে কয়েকখণ্ড ফেরাস সালফাইড লওয়া হয়। ফানেল দিয়া বোতলে লঘু H_2SO_4 ঢালিয়া ফানেলের শেষ প্রান্ত ডুবান হয়। অ্যাসিড ফেরাস সালফাইডের সংস্পর্শে আসিবামাত্র হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। নির্গম-নল দিয়া গ্যাস বাহিরে আসিলে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা উহা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।

(খ) **বিশুদ্ধিকরণ**—এইভাবে উৎপন্ন H_2S গ্যাসে হাইড্রোজেন ও জলীয় বাষ্প থাকে। ইহাকে সংপৃক্ত NaHS দ্রবণ ও P_2O_5-এর মধ্য দিয়া চালিত করিয়া যথাক্রমে অ্যাসিড ও জলীয় বাষ্প মুক্ত করা হয়। অতঃপর ইহাকে শুষ্ক বরফ দ্বারা শীতল করিলে H_2S তরলে পরিণত হয়—H_2 বাহির হইয়া যায়। তরলীকৃত H_2S উষ্ণ করিলে গ্যাসে পরিণত হয় এবং ইহা শুষ্ক গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

(গ) **ভৌত ধর্ম**—হাইড্রোজেন সালফাইড বর্ণহীন, পচা ডিমের দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং জলে দ্রবণীয়। ইহা বিষাক্ত গ্যাস।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) হাইড্রোজেন সালফাইড দাহ্য গ্যাস কিন্তু দহন-সহায়ক নয়। ইহা অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেনে নীল শিখায় জ্বলিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে : $2H_2S+3O_2=2SO_2+2H_2O$.

(ii) H_2S মৃদু দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহা জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয়, নীল লিটমাসের বর্ণ লাল করে এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় প্রশম সালফাইড ও আম্লিক বাই-সালফাইড লবণ এবং জল গঠন করে। $H_2S \rightleftharpoons H^++HS^-$; $NaOH+H_2S=NaHS+H_2O$; $H_2S \rightleftharpoons 2H^++S^{=}$; $2NaOH+H_2S=Na_2S+2H_2O$.

(iii) ইহা উত্তম বিজারক দ্রব্য। ইহা হ্যালোজেনকে উহাদের হাইড্রাসিডে, হলুদ $FeCl_3$ দ্রবণকে বর্ণহীন $FeCl_2$-এ বিজারিত করে ; ইহা অ্যাসিডযুক্ত বেগুনী বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণ ও কমলা বর্ণের $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণকে বিজারিত করিয়া যথাক্রমে বর্ণহীন ও সবুজ বর্ণের দ্রবণে পরিণত করে এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রে সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Cl_2+H_2S=2HCl+S \; ; \; 2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+2HCl+S$$

$$2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2S=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5S$$

$$K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4+3H_2S=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+7H_2O+3S$$

(iv) গোল্ড, প্লাটিনাম ছাড়া অনেক ধাতু যথা সিলভার, লেড, মারকারি ইত্যাদি H_2S দ্বারা আক্রান্ত হইয়া সালফাইডে পরিণত হয় : $2Ag+H_2S=Ag_2S+H_2$; $Pb+H_2S=PbS+H_2$.

(v) ইহা বিভিন্ন ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণ হইতে বিভিন্ন বর্ণের ধাতব সালফাইড অ্যাসিড বা ক্ষার মাধ্যমে অধঃক্ষিপ্ত করে ; ইহা দ্বারা ধাতব মূলক সনাক্ত করা যায়। $CuSO_4+H_2S$ = CuS (কালো) + H_2SO_4 ; $ZnCl_2+H_2S$ = ZnS (সাদা) + 2HCl.

(vi) লোহিত-তপ্ত নলের মধ্য দিয়া H_2S চালিত করিলে বা তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে H_2S হাইড্রোজেন ও সালফারে বিয়োজিত হয়: $H_2S \rightleftharpoons H_2+S$.

প্রশ্ন: ২৪৪। (ক) বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড কি উপায়ে প্রস্তুত করা যায়? (খ) ইহার প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড এবং (গ) ইহার শুষ্ককরণে গাঢ় H_2SO_4 বা $CaCl_2$ ব্যবহৃত হয় না কেন?

উত্তর: (ক) অ্যান্টিমনি সালফাইড ও গাঢ় HCl উত্তপ্ত করিয়া বিশুদ্ধ H_2S প্রস্তুত করা যায়: $Sb_2S_3+6HCl=2SbCl_3+3H_2S$. দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নল যুক্ত ফ্লাস্কে Sb_2S_3 লইয়া উহাতে গাঢ় HCl ঢালিয়া উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন মুক্ত H_2S নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়। ইহাকে জল-পূর্ণ গ্যাস-ধাবকের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া HCl বাষ্প দূরীভূত করা হয়। পরে P_2O_5 দ্বারা শুষ্ক করিয়া বিশুদ্ধ গ্যাস বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

(খ) নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতব সালফাইডের বিক্রিয়ায় H_2S উৎপন্ন হয়। কিন্তু H_2S বিজারক দ্রব্য বলিয়া ইহা নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া NO_2-এ পরিণত করে এবং নিজে জারিত হইয়া সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে: $2HNO_3+H_2S=2H_2O+2NO_2+S$. সেইজন্য H_2S প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় না।

(গ) H_2S সালফিউরিক অ্যাসিডকে SO_2-এ বিজারিত করিয়া নিজে সালফারে পরিণত হয়: $H_2SO_4+H_2S=2H_2O+SO_2+S$. অপরদিকে, ক্যালশিয়াম ক্লোরাইডের সহিত H_2S বিক্রিয়া করিয়া CaS উৎপন্ন করে: $CaCl_2+H_2S=CaS+2HCl$. সেইজন্য H_2S গ্যাস শুষ্ককরণে H_2SO_4 বা $CaCl_2$ ব্যবহৃত হয় না।

প্রশ্ন: ২৪৫। হাইড্রোজেন সালফাইড যে (ক) বিজারক দ্রব্য, (খ) মৃদু দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিড এবং (গ) উহাতে সালফার ও হাইড্রোজেন আছে তাহা কিরূপে দেখাইবে?

উত্তর: (ক) (i) হলুদ বর্ণের $FeCl_3$ দ্রবণে H_2S গ্যাস চালাইলে সালফারের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে এবং দ্রবণ বর্ণহীন হয়। $FeCl_3$ হইতে H_2S একটি অপরা-তড়িৎবাহী ক্লোরিন পরমাণু অপসারিত করিয়া উহাকে বর্ণহীন $FeCl_2$-এ বিজারিত করিয়াছে। অপরদিকে, H_2S হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত হইয়া উহা সালফারে জারিত হইয়াছে: $2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+2HCl+S$. সুতরাং, H_2S একটি বিজারক দ্রব্য।

(ii) H_2SO_4 মিশ্রিত বেগুনী বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণের মধ্যে H_2S গ্যাস চালাইলে দ্রবণ বর্ণহীন হয় এবং সাদা সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। H_2S পারম্যাঙ্গানেটকে বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস সালফেটে বিজারিত করিয়া নিজে সালফারে জারিত হইয়াছে: $2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2S=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5S$. সুতরাং, H_2S একটি বিজারক দ্রব্য।

(খ) H_2S-পূর্ণ গ্যাসজারে একটি সিক্ত নীল লিটমাস কাগজ ফেলিয়া ঝাঁকান হইল। লিটমাস কাগজ ঈষৎ গোলাপী বর্ণ হয়। সুতরাং, H_2S মৃদু অ্যাসিড-ধর্মী

গ্যাস। ইহা ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রশম সালফাইড লবণ উৎপন্ন করে : $2NaOH+H_2S=Na_2S+2H_2O$. কিন্তু গাঢ় NaOH দ্রবণে অতিরিক্ত H_2S চালাইলে বাই-লবণ (হাইড্রো-সালফাইড) উৎপন্ন হয় : $NaOH+H_2S=NaHS+H_2O$. অতএব ইহা মৃদু দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিড।

(গ) (i) H_2S-পূর্ণ গ্যাসজারে জলন্ত পাটকাঠি ঢুকান হইল। গ্যাস নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে এবং জারের গায়ে হলুদ কঠিন পদার্থ জমা হয়। $2H_2S+O_2=2H_2O+2S$ হলুদ পদার্থটি বায়ুতে পোড়াইলে গন্ধক-পোড়া ঝাঁঝাল গ্যাস নির্গত হয় এবং এই গ্যাস অ্যাসিডযুক্ত $K_2Cr_2O_7$ সিক্ত কাগজকে সবুজ বর্ণ করে। অতএব কঠিন পদার্থটি সালফার। সুতরাং, হাইড্রোজেন সালফাইডে সালফার আছে।

(ii) একটি বাঁকান নলে পারদ অপসারণ দ্বারা বিশুদ্ধ ও শুষ্ক H_2S গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। নলের অনুভূমিক অংশে একখণ্ড ধাতব টিন রাখিয়া H_2S গ্যাসের মধ্যে উহাকে উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়ার ফলে একটি গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাস বায়ুতে নীলাভ শিখায় জ্বলিয়া জল উৎপন্ন করে। অতএব গ্যাসটি হাইড্রোজেন। কারণ টিন ও H_2S উত্তপ্ত অবস্থায় স্ট্যানাস সালফাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে : $Sn+H_2S=SnS+H_2$. সুতরাং, হাইড্রোজেন সালফাইডে হাইড্রোজেন আছে।

প্রশ্ন : ২৪৬। (ক) পরীক্ষাগারে নিয়মিত পরিমাণে ও প্রয়োজন অনুযায়ী হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাইবার জন্য একটি ব্যবস্থা বর্ণনা কর। (খ) রাসায়নিক বিশ্লেষণে বিকারকরূপে হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার উদাহরণসহ লিখ। (গ) কিভাবে হাইড্রোজেন সালফাইড সনাক্ত করা যায় ?

উত্তর : (ক) পরীক্ষাগারে রাসায়নিক বিশ্লেষণের জন্য কিপ্‌যন্ত্রের সাহায্যে প্রয়োজনমত এবং নিয়মিত পরিমাণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাওয়া যায়। বিবরণের জন্য ১৬০ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। [জিঙ্ক দানার পরিবর্তে FeS টুকরা হইবে ; ফলে H_2S গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া : $FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S$.]

(খ) অজৈব লবণের রাসায়নিক বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উত্তম বিকারকরূপে ব্যবহৃত হয়। অজৈব লবণের ধাতবমূলকের শ্রেণীবিভাগ, পৃথকীকরণ ও সনাক্তকরণে ইহা অপরিহার্য বস্তু। বিভিন্ন ধাতুর সালফাইড লবণের মধ্যে কতকগুলি বৈশিষ্ট্য থাকায় ইহা সম্ভব হয়। (১) অ্যাসিড, ক্ষার ও প্রশম দ্রবণে বিভিন্ন ধাতব সালফাইডের দ্রবণীয়তা বিভিন্ন বলিয়া উহাদের শ্রেণীবিভাগ করা যায়। যেমন কপার সালফাইড ও লেড সালফাইড অ্যাসিড দ্রবণে অধঃক্ষিপ্ত হয়, জিঙ্ক সালফাইড ক্ষারীয় মাধ্যমে অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম সালফাইড জলে দ্রবণীয়। অতএব উহারা বিভিন্ন শ্রেণীভুক্ত ধাতব মূলক। (২) ইহার ভিত্তিতে বিভিন্ন ধাতব লবণের মিশ্র দ্রবণ হইতে H_2S দ্বারা উহাদের পৃথক করা যায়। যেমন কপার, জিঙ্ক ও সোডিয়াম লবণের মিশ্র দ্রবণকে লঘু HCl-যোগে অম্লীকৃত করিয়া উহাতে H_2S গ্যাস প্রবাহিত করিলে শুধু কালো CuS অধঃক্ষিপ্ত হয়। অতঃপর

দ্রবণকে অ্যামোনিয়া সহযোগে ক্ষারীয় করিয়া পুনরায় H_2S চালাইলে সাদা ZnS অধঃক্ষিপ্ত হয় ; দ্রবণে সোডিয়াম লবণ থাকিয়া যায়। এইভাবে উহারা পৃথক হইয়া পড়ে। (৩) বিভিন্ন ধাতব সালফাইডের বর্ণ বিভিন্ন হওয়ায় উহাদের সনাক্ত করা যায়। যেমন PbS কালো, CdS হলুদ ও ZnS সাদা।

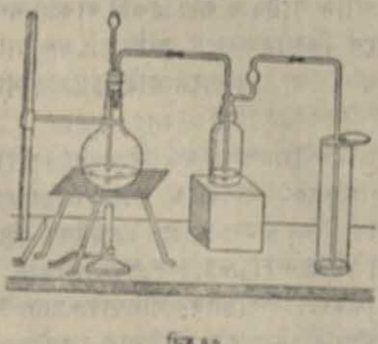
(গ) **সনাক্তকরণ**—বর্ণহীন পচা ডিমের দুর্গন্ধযুক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস (i) বর্ণহীন লেড অ্যাসিটেট-সিক্ত কাগজকে কালো বর্ণ করে এবং (ii) লঘু ক্ষার দ্রবণে শোষণ করিয়া উহাতে কয়েক ফোঁটা সোডিয়াম নাইট্রো-প্রুসাইড দ্রবণ মিশাইলে সুন্দর বেগুনী বর্ণ হয়।

প্রশ্ন : ২৪৭। (ক) পরীক্ষাগারে কিরূপে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত ও সংগ্রহ করা হয় ? (খ) ইহার প্রধান ধর্মগুলি বিবৃত কর। (গ) ইহার ব্যবহার লিখ। (ঘ) কিরূপে সালফার ডাই-অক্সাইড সনাক্ত করা হয় ?

উত্তর : (ক) প্রস্তুতি—কপার ছিলার সহিত গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$$

একটি গোলতল ফ্লাস্কে কিছু কপার ছিলা লইয়া দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া উহাতে গাঢ় H_2SO_4 ঢালা হয়। ফ্লাস্কটি তারজালির উপর রাখিয়া অল্প উত্তপ্ত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইয়া নির্গম নল দিয়া বাহির হয়। ইহাতে জলীয় বাষ্প ও সামান্য SO_3 মিশ্রিত থাকে। গ্যাসটিকে গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা গ্যাস-ধাবকে ধৌত ও শুষ্ক করিয়া বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র ৪৩

(খ) **ভৌত ধর্ম**—সালফার ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন, ঝাঁঝাল গন্ধক-পোড়া গন্ধযুক্ত, শ্বাসরোধী গ্যাস। ইহা বিষাক্ত। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী ও জলে অত্যধিক দ্রবণীয়। ইহা সহজে তরলে পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) সালফার ডাই-অক্সাইড দাহ্য বা দহন-সহায়ক গ্যাস নয়। জলন্ত পটাসিয়াম ইহাতে জ্বলে এবং পটাসিয়াম সালফাইট ও থায়ো-সালফেট উৎপন্ন করে : $4K+3SO_2=K_2SO_3+K_2S_2O_3$.

(ii) ইহা আম্লিক অক্সাইড। ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া মৃদু ও দুঃস্থিত সালফিউরাস অ্যাসিড গঠন করে; দ্রবণ ফুটাইলে SO_2 বাহির হইয়া যায়। $SO_2+H_2O=H_2SO_3$. ইহা ক্ষার দ্রবণের সহিত সালফাইট বা বাই-সালফাইট লবণ উৎপন্ন করে। $2NaOH+SO_2=Na_2SO_3+H_2O$; $NaOH+SO_2=NaHSO_3$.

ইহা চুন-জলকে প্রথমে ঘোলাটে করে; কিন্তু অতিরিক্ত SO_2 প্রবাহে দ্রবণ পুনরায় স্বচ্ছ হয়। $Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3+H_2O$; $CaSO_3+SO_2+H_2O=Ca(HSO_3)_2$.

(iii) SO_2 একটি তীব্র বিজারক দ্রব্য। ইহা হ্যালোজেনকে হাইড্রাসিডে ও হলুদ $FeCl_3$ দ্রবণকে বর্ণহীন $FeCl_2$-এ বিজারিত করে। ইহা বেগুনী বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণ ও কমলা বর্ণের $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণকে বিজারিত করিয়া যথাক্রমে বর্ণহীন ও সবুজ বর্ণের দ্রবণে পরিণত করে এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রে নিজে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। $Cl_2+SO_2+H_2O=2HCl+H_2SO_4$; $2KMnO_4+5SO_2+2H_2O=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4$; $K_2Cr_2O_7+H_2SO_4+3SO_2=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$.

(iv) বিজারণ গুণের জন্যই SO_2 সিক্ত সিল্ক, উল প্রভৃতিকে বিরঞ্জন দ্বারা বর্ণহীন করে; শুষ্ক অবস্থায় ইহার বিরঞ্জক ধর্ম থাকে না।

(v) SO_2 জারকরূপেও ক্রিয়া করে। ইহা আর্দ্র H_2S ও তীব্র আম্লিক দ্রবণে $FeCl_2$-কে জারিত করে এবং সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। $2H_2S+SO_2=2H_2O+3S$; $4FeCl_2+4HCl+SO_2=4FeCl_3+2H_2O+S$.

(vi) উত্তপ্ত প্লাটিনামের উপস্থিতিতে ইহা অক্সিজেনের সহিত SO_3 উৎপন্ন করে। ইহা উত্তপ্ত লেড ডাই-অক্সাইডের সহিত লেড সালফেট এবং প্রখর সূর্যালোকে ক্লোরিনের সহিত যুক্ত-যৌগ সালফিউরিল ক্লোরাইড গঠন করে। $2SO_2+O_2=2SO_3$; $PbO_2+SO_2=PbSO_4$; $SO_2+Cl_2=SO_2Cl_2$.

(গ) **ব্যবহার**—সালফার ডাই-অক্সাইড (১) সালফাইট, বাই-সালফাইট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে, (২) সাধারণ বিরঞ্জক হিসাবে, (৩) রোগ জীবাণুনাশক রূপে এবং (৪) মাংস, ফল, পানীয় প্রভৃতির সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয়। তরল অবস্থায় ইহা হিমায়করূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(ঘ) **সনাক্তকরণ**—গন্ধক-পোড়া তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত এই গ্যাস (i) চুন-জল ঘোলাটে করে, (iii) হলুদ পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট-সিক্ত কাগজকে সবুজ বর্ণ করে এবং (ii) গাঢ় ক্ষার দ্রবণে শোষিত হয়।

প্রশ্ন : ২৪৮। (ক) সালফার ডাই-অক্সাইডের প্রধান ধর্মগুলি উপযুক্ত পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ কর। (খ) ইহার বিরঞ্জন কার্য ব্যাখ্যা কর। (গ) সালফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিনের বিরঞ্জক ধর্মের তুলনা কর।

উত্তর : (ক) (i) SO_2-পূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি ধরা হইল। পাটকাঠি নিভিয়া যায় এবং গ্যাস নিজে জ্বলে না। সুতরাং SO_2 দাহ্য বা দহন-সহায়ক গ্যাস নয়।

(ii) SO_2-পূর্ণ গ্যাসজারে অল্প নীল লিটমাস দ্রবণ ঢালিয়া ঝাঁকাইবার পর জারটি জলের উপর উপুড় করিয়া ঢাকনি সরান হইল। নীল লিটমাস দ্রবণ লাল হয় এবং জারটি জলে পূর্ণ হয় : $SO_2+H_2O=H_2SO_3$. সুতরাং SO_2 জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিড-ধর্মী।

(iii) (১) একটি পরীক্ষানলে হলুদ $FeCl_3$ দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে SO_2 গ্যাস চালনা করা হইল। দ্রবণ বর্ণহীন হয়। $FeCl_3$ হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড একটি অপরা-তড়িৎবাহী ক্লোরিন পরমাণু অপসারিত করিয়া উহাকে বর্ণহীন $FeCl_2$-এ বিজারিত করে এবং নিজে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয় : $2FeCl_3+SO_2+2H_2O=2FeCl_2+2HCl+H_2SO_4$. সুতরাং, SO_2 একটি বিজারক দ্রব্য।

(২) একটি পরীক্ষানলে বেগুনী বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণ লইয়া উহাতে SO_2 গ্যাস চালনা করা হইল। পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন হয়। SO_2 পারম্যাঙ্গানেটকে বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস সালফেটে বিজারিত করিয়া নিজে H_2SO_4-এ জারিত হয়। $2KMnO_4+5SO_2+2H_2O=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4$. সুতরাং, SO_2 একটি বিজারক দ্রব্য।

(iv) শুষ্ক SO_2-পূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে একটি শুষ্ক রঙিণ ফুল ফেলিয়া দেওয়া হইল। ফুলের রং-এর কোন পরিবর্তন হয় না। এইবার জারে অল্প জল ফেলিয়া মিশান হইল। রঙিণ ফুল বর্ণহীন হয়। সুতরাং, SO_2 বিরঞ্জক পদার্থ এবং ইহা জলের উপস্থিতিতে বিরঞ্জিত করে।

(খ) সালফার ডাই-অক্সাইড জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে অনেক জৈব রং বিরঞ্জিত করিতে পারে; শুষ্ক বা অনার্দ্র অবস্থায় ইহার এই গুণ থাকে না। ইহা সিক্ত রঙিণ ফুল, পাতা, বস্ত্রখণ্ড বর্ণহীন করে। প্রথমে SO_2 জলের সহিত বিক্রিয়ায় জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, পরে রং জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া বর্ণহীন হয়। সুতরাং, SO_2 বিজারণ ক্রিয়া দ্বারা বিরঞ্জন করে : $SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2H$.

(গ) **তুলনা**—(১) সালফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিন উভয়েই জলের উপস্থিতিতে বিরঞ্জন করে; শুষ্ক অবস্থায় উভয়েরই বিরঞ্জন ক্ষমতা থাকে না।

(২) সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারণ-দ্বারা কিন্তু ক্লোরিন জারণ-দ্বারা বিরঞ্জন করে।

(৩) সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জন অনেক সময় স্থায়ী হয় না, বায়ু বা আলোর ক্রিয়ায় বর্ণ পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া যায়; কিন্তু ক্লোরিন স্থায়ীভাবে বিরঞ্জিত করে।

(৪) সালফার ডাই-অক্সাইড মৃদু বিরঞ্জক; সিল্ক, উল প্রভৃতির বিরঞ্জনে ইহা ব্যবহৃত হয়। কিন্তু ক্লোরিন তীব্র বিরঞ্জক বলিয়া উহাদের পক্ষে ক্ষতিকর।

প্রশ্ন : ২৪৯। উপযুক্ত পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও যে (ক) সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে, (খ) ইহা বিজারক দ্রব্য ও বিরঞ্জক দ্রব্যরূপে কাজ করে এবং (গ) ইহা জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিড-ধর্মী।

উত্তর : (ক) একটি আবদ্ধ নলে SO_2-এর জলীয় দ্রবণ লইয়া 150°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হইল। বিক্রিয়ার ফলে নলের ভিতর হলুদ কঠিন পদার্থ উৎপন্ন হয়। ইহা পৃথক করিয়া শুষ্ক বায়ুতে পোড়ান হইল। দহনের ফলে পোড়া সালফারের গন্ধযুক্ত গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং ইহা অ্যাসিড মিশ্রিত $KMnO_4$ দ্রবণ বর্ণহীন করে। সুতরাং

ইহা SO_2 গ্যাস এবং হলুদ পদার্থটি সালফার। কারণ সালফিউরাস অ্যাসিড আবদ্ধ পাত্রে বিশ্লিষ্ট হইয়া সালফার উৎপন্ন করে: $3H_2SO_3=2H_2SO_4+H_2O+S$. অতএব সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে।

(খ) ২৪৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (iii) এবং (iv) অংশ দেখ।

(গ) ২৪৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

প্রশ্ন: ২৫০। কিরূপে (ক) সালফার, (খ) খনিজ সালফাইড, (গ) সালফিউরিক অ্যাসিড এবং (ঘ) সালফাইট বা বাই-সালফাইট লবণ হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়? (ঙ) সালফার ডাই-অক্সাইডকে কিরূপে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত করা যায়?

উত্তর: (ক) **সালফার হইতে**—অতিরিক্ত বায়ু-প্রবাহে সালফার দহন করিলে SO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়: $S+O_2=SO_2$. উৎপন্ন SO_2-কে শীতল জলে দ্রবীভূত করিয়া অন্যান্য মিশ্রিত গ্যাসীয় পদার্থ পৃথক করা হয়। অতঃপর জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে SO_2 নির্গত হয়; ইহা গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা শুষ্ক করা হয়।

(খ) **খনিজ সালফাইড হইতে**—বহুবিধ সালফাইড আকরিক হইতে ধাতু নিষ্কাশনের সময় SO_2 উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। আয়রণ পাইরাইটিস্ (FeS_2), কপার পাইরাইটিস ($CuFeS_2$), জিঙ্ক ব্লেণ্ড (ZnS) ইত্যাদি খনিজ সালফাইডের তাপ-জারণ দ্বারা SO_2 প্রস্তুত হয়। $4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$; $2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$, পরে ইহাকে যথারীতি বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করা হয়।

(গ) **সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে**—কপার, সালফার বা অঙ্গারের সহিত গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করিলে ইহা বিজারিত হইয়া SO_2 উৎপন্ন করে। [বিবরণের জন্য ২৪৭ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।]

(ঘ) **সালফাইট বা বাই-সালফাইট হইতে**—সাধারণ উষ্ণতায় ধাতব সালফাইট বা বাই-সালফাইটের উপর ফোঁটা ফোঁটা গাঢ় H_2SO_4 ফেলিলে SO_2 পাওয়া যায়। $CaSO_3+H_2SO_4=CaSO_4+H_2O+SO_2$; $2NaHSO_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O+2SO_2$.

(ঙ) SO_2 ও অক্সিজেন সহজে মিলিয়া SO_3 গঠন করে না। NO_2-এর উপস্থিতিতে অথবা প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে 450°C উষ্ণতায় SO_2 অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া SO_3 উৎপন্ন করে: $2SO_2+O_2=2SO_3$.

প্রশ্ন: ২৫১। (ক) সালফিউরাস অ্যাসিড কি? (খ) ইহাতে যে সালফার আছে তাহা কিভাবে প্রমাণ করিবে?

উত্তর: (ক) SO_2 গ্যাস জলে অত্যধিক দ্রবণীয়; ইহার জলীয় দ্রবণকে সালফিউরাস অ্যাসিড বলে। $SO_2+H_2O=H_2SO_3$.

(খ) ২৪৯ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন: ২৫২। (ক) সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রধান ধর্মগুলি উল্লেখ কর। (খ) ইহার ব্যবহার লিখ। (গ) ওলিয়াম কি?

উত্তর : (ক) **ভৌত ধর্ম**—বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড বর্ণহীন, ভারী (ঘনত্ব 1·84) তৈলাক্ত তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 338°C.

রাসায়নিক ধর্ম—(i) উত্তাপ প্রয়োগে সালফিউরিক অ্যাসিড SO_2, অক্সিজেন ও জলে বিযোজিত হয় : $2H_2SO_4=2H_2O+2SO_2+O_2$. উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর গাঢ় H_2SO_4 ফেলিলে এইরূপ ঘটে।

(ii) জলের প্রতি H_2SO_4-এর আসক্তি খুব বেশী। গাঢ় অ্যাসিডে জল মিশাইলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। কম উষ্ণতায় ইহা জলের সহিত সোদক স্ফটিক ($H_2SO_4^-.H_2O$, $H_2SO_4.2H_2O$ ও $H_2SO_4.4H_2O$) গঠন করে। গাঢ় অ্যাসিড সর্বদাই জলীয় বাষ্প শোষণ করে; অনেক জৈব যৌগ হইতে ইহা জলের অণু শোষণ করিয়া উহাদিগকে বিযোজিত করে। চিনি, শ্বেতসার প্রভৃতিতে গাঢ় H_2SO_4 ঢালিলে উহারা কালো কার্বনে পরিণত হয়। $C_{12}H_{22}O_{11}+[H_2SO_4]=12C+11H_2O+[H_2SO_4]$. ফরমিক অ্যাসিডের সহিত গাঢ় ও উত্তপ্ত H_2SO_4 মিশাইলে জল অপসারণের ফলে CO গ্যাস উৎপন্ন হয়। $H.COOH+[H_2SO_4]=CO+H_2O+[H_2SO_4]$.

(iii) H_2SO_4 একটি তীব্র দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস লাল করে; জলীয় দ্রবণে ইহা দুই পর্যায়ে আয়নিত হয়: $H_2SO_4 \rightleftharpoons H^++HSO_4^-$; $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^++SO_4^=$. ইহা ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় শমিত সালফেট লবণ ও আম্লিক বাই-সালফেট লবণ এবং জল গঠন করে: $NaOH+H_2SO_4=NaHSO_4+H_2O$; $2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O$. লঘু অ্যাসিড জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সহিত ক্রিয়া করিয়া উহাদের সালফেট লবণ ও H_2 উৎপন্ন করে। $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$. ইহা সাধারণ উষ্ণতায় কার্বনেট লবণ হইতে CO_2 নির্গত করে। $CaCO_3+H_2SO_4=CaSO_4+H_2O+CO_2$.

(iv) সালফিউরিক অ্যাসিড HCl বা HNO_3 অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী কিন্তু কম উদ্বায়ী বলিয়া ক্লোরাইড ও নাইট্রেট লবণ হইতে HCl ও HNO_3 মুক্ত করে: $NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl$; $NaNO_3+H_2SO_4=NaHSO_4+HNO_3$.

(v) H_2SO_4 একটি জারক দ্রব্য। উত্তপ্ত গাঢ় অ্যাসিড কার্বনকে CO_2-এ ও সালফারকে SO_2-এ জারিত করে এবং নিজে SO_2-এ বিজারিত হয়। $C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$; $S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$. ইহা ফসফরাসকে ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত করে : $2P+5H_2SO_4=2H_3PO_4+5SO_2+H_2O$. জিঙ্ক, কপার, লেড প্রভৃতি ধাতু গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে উহারা ধাতব সালফেটে জারিত হয় এবং SO_2 নির্গত করে। $Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O$; $Pb+2H_2SO_4=PbSO_4+SO_2+2H_2O$. গাঢ় অ্যাসিড পটাসিয়াম ব্রোমাইড ও আয়োডাইডকে জারিত করিয়া যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত করে। $2KI+2H_2SO_4=K_2SO_4+2H_2O+SO_2+I_2$.

(খ) সালফিউরিক অ্যাসিড (১) HCl, HNO_3 ও H_3PO_4 প্রস্তুতিতে ; (২) সুপার ফসফেট ও অ্যামোনিয়াম ফসফেট সার উৎপাদনে ; (৩) রং, রঞ্জকদ্রব্য, গ্লুকোজ, শ্বেতসার, অ্যালকোহল, ইথার, ফট্কিরি; সালফেট লবণ প্রভৃতি প্রস্তুতকরণে ; (৪) নাইট্রো গ্লিসারিণ, টি-এন-টি প্রভৃতি বিস্ফোরক দ্রব্য প্রস্তুতে এবং (৫) পেট্রোলিয়াম শোধনে ও সঞ্চয়ক কোষ তৈরী করিতে ব্যবহৃত হয়। ইহা পরীক্ষাগারে বিকারকরূপে ও নিরুদকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(গ) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বা ওলিয়াম বলে।

প্রশ্ন : ২৫৩। সালফিউরিক অ্যাসিডে (ক) নিরুদক গুণ, (খ) অ্যাসিড ধর্ম, (গ) জারক গুণ বর্তমান ইহা কিভাবে পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করা যায় ?

উত্তর : নিরুদক গুণ—(i) একটি পরীক্ষানলে চিনি লইয়া উহাতে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করা হইল। সাদা চিনি কালো কার্বনে পরিণত হয়। গাঢ় H_2SO_4 চিনির অণু হইতে জলের সমস্ত অণু বাহির করিয়া উহাকে কালো কার্বনে রূপান্তরিত করিয়াছে। $C_{12}H_{22}O_{11}+[H_2SO_4]=12C+11H_2O+[H_2SO_4]$.

(ii) একটি পরীক্ষানলে নীল কপার সালফেটের সোদক কেলাস লইয়া উহাতে গাঢ় H_2SO_4 মেশান হইল। গাঢ় H_2SO_4-এর সংস্পর্শে নীল সোদক স্ফটিক কেলাস-জল পরিত্যাগ করিয়া সাদা অনার্দ্র কপার সালফেটে পরিণত হয়। $CuSO_4.5H_2O+[H_2SO_4]=CuSO_4+5H_2O+[H_2SO_4]$.

(iii) একটি ফ্লাস্কে গাঢ় H_2SO_4 লইয়া উহাতে ফোঁটা ফোঁটা ফরমিক অ্যাসিড ফেলিয়া অল্প উত্তপ্ত করিলে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। গাঢ় H_2SO_4 ফরমিক অ্যাসিড হইতে জলের উপাদান বাহির করিয়া উহাকে CO গ্যাসে পরিণত করে। $HCOOH+[H_2SO_4]=CO+H_2O+[H_2SO_4]$. অতএব H_2SO_4 একটি নিরুদক পদার্থ।

(খ) **অ্যাসিড ধর্ম**—(i) একটি পরীক্ষানলে H_2SO_4-এর জলীয় দ্রবণ লইয়া উহাতে নীল লিটমাস কাগজ ডুবান হইল। লিটমাস কাগজ লালবর্ণ হয়।

(ii) একটি পরীক্ষানলে সোডিয়াম বা ক্যালসিয়াম কার্বনেট লইয়া উহাতে লঘু H_2SO_4 ঢালিলে CO_2 গ্যাস নির্গত হয়; $CaCO_3+H_2SO_4=CaSO_4+H_2O+CO_2$. কারণ ইহা স্বচ্ছ চুন-জল ঘোলাটে করে। ক্ষারজাতীয় পদার্থ H_2SO_4 দ্বারা প্রশমিত হইয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। সুতরাং H_2SO_4 একটি অ্যাসিড।

(গ) **জারক গুণ**—(i) একটি ফ্লাস্কে কার্বন-চূর্ণের সহিত গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করিয়া নির্গত গ্যাস যথাক্রমে $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ও চুন-জলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ সবুজ বর্ণ ও চুন-জল ঘোলাটে হয়। অতএব নির্গত গ্যাসে SO_2 ও CO_2 দুই-ই আছে। গাঢ় ও উত্তপ্ত H_2SO_4 কার্বনকে CO_2-এ জারিত করে এবং নিজে SO_2-এ বিজারিত হয়। $C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$.

(ii) একটি পরীক্ষানলে গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত তামার কুচি মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হইল। নির্গত গ্যাসে গন্ধক-পোড়া গন্ধ আসে এবং উহা $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ-সিক্ত ফিলটার কাগজ সবুজ বর্ণ করে। অতএব ইহা SO_2 গ্যাস। দ্রবণে নীলবর্ণের কপার সালফেট উৎপন্ন হয়। H_2SO_4 দ্বারা কপারের সহিত অপরা-তড়িৎবাহী সালফেট মূলক যুক্ত হইয়া কপার সালফেটে জারিত হয় এবং নিজে SO_2-এ বিজারিত হয়। $Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O$. সুতরাং H_2SO_4 একটি জারক দ্রব্য।

প্রশ্ন : ২৫৪। (ক) প্রমাণ কর যে সালফিউরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও সালফার আছে। (খ) সালফিউরিক অ্যাসিড কিভাবে সনাক্ত করা যায় ?

উত্তর : (ক) বিন্দুপাতী ফানের যুক্ত একটি পাতন ফ্লাস্কে ঝামা-পাথর লইয়া উহাকে উত্তপ্ত করা হয় এবং ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা গাঢ় H_2SO_4 পাথরের উপর ফেলা হয়। গাঢ় H_2SO_4 জল, সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হয় : $2H_2SO_4=2H_2O+2SO_2+O_2$. উৎপন্ন গ্যাস ফ্লাস্কের পার্শ্ব-নল দিয়া যথাক্রমে শীতল জলে ও হিম-মিশ্রণে আবৃত দুইটি U-নলের মধ্য দিয়া চালনা করা হয়। (i) প্রথম U-নলে যে তরল ঘনীভূত হয় উহা সাদা অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীলবর্ণ করে। অতএব ইহা জল এবং এই জল সালফিউরিক অ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হইয়া উৎপন্ন হইয়াছে। জলে হাইড্রোজেন আছে। (ii) দ্বিতীয় U-নলে অপর একটি তরল সঞ্চিত হয়। এই তরল একটি আবদ্ধ নলে লইয়া 150°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হইল। নলের ভিতর হলুদ কঠিন পদার্থ জমা হয়। ইহা বায়ুতে দহন করিলে পোড়া সালফারের গন্ধযুক্ত গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহা অ্যাসিড মিশ্রিত $KMnO_4$ দ্রবণ বর্ণহীন করে। সুতরাং ইহা SO_2 গ্যাস এবং হলুদ পদার্থটি সালফার। (iii) নলের শেষপ্রান্ত দিয়া যে গ্যাস নির্গত হয় উহাতে শিখাহীন দীপ্ত পাটকাঠি ধরিলে উজ্জ্বলভাবে জলে এবং উহা বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের সংস্পর্শে বাদামী বর্ণ ধারণ করে। সুতরাং ইহা অক্সিজেন। অতএব সালফিউরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও সালফার আছে।

(খ) **সনাক্তকরণ**—(i) কপার ছিলার সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে গন্ধক-পোড়া ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত SO_2 গ্যাস নির্গত হয় : $Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2SO_2+2H_2O$. ইহা চুন-জল ঘোলাটে করে এবং হলুদ $K_2Cr_2O_7$-সিক্ত কাগজকে সবুজ বর্ণ করে।

(ii) সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিলে সাদা $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হয় ; $BaCl_2+H_2SO_4=BaSO_4+2HCl$. ইহা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।

প্রশ্ন : ২৫৫। (ক) সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প উৎপাদন পদ্ধতির মূলনীতি কি ? (খ) স্পর্শ পদ্ধতিতে ইহার পণ্য উৎপাদন বর্ণনা কর। (গ) কি কি শর্তাবলীর উপর এই পদ্ধতির সাফল্য নির্ভর করে। ব্যাখ্যাসহ উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) **নীতি**—শুষ্ক ও বিশুদ্ধ সালফার ডাই-অক্সাইড ও বায়ুর মিশ্রণকে সূক্ষ্ম প্লাটিনাম চূর্ণ দ্বারা আবৃত অ্যাসবেস্টস তন্তু অথবা ভ্যানাডিয়াম পেন্টক্সাইড অনুঘটকের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলে SO_2 বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয় : $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+45,200$ ক্যালরি। উৎপন্ন SO_3-কে 98% সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করিলে উহার মধ্যস্থিত জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া H_2SO_4 উৎপন্ন করে। $SO_3+H_2O=H_2SO_4$.

(খ) **স্পর্শ পদ্ধতি**—একটি ঘূর্ণ-চুল্লীতে অতিরিক্ত বায়ু প্রবাহে আয়রণ পাইরাইটিস বা সালফার পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। $4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$; $S+O_2=SO_2$. চুল্লী হইতে নির্গত গ্যাসে মোটামুটি 7% SO_2, 10·4% O_2 এবং বাকী N_2 থাকে ; ইহা ছাড়া As_2O_3, ধূলি-কণা প্রভৃতি অপদ্রব্যও ইহাতে মিশ্রিত থাকে। এই গ্যাস-মিশ্রণকে শীতক-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া ঠাণ্ডা করা হয় এবং অপদ্রব্য দূর করিবার জন্য গ্যাসটি ধৌত করা হয়। এইজন্য গ্যাস-মিশ্রণকে স্ফটিকখণ্ড ভর্তি কয়েকটি স্তম্ভে জলের ঝরণা ধারায় ধৌত করিয়া ধূলিকণা ও অধিকাংশ অপদ্রব্য দূরীভূত করা হয় এবং পরে অপর একটি স্তম্ভে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করা হয়। অতঃপর উহাকে কোকচূর্ণ-ভর্তি বাক্সের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া অ্যাসিড বাষ্প দূরীভূত করিলেই মিশ্রণটি বিশুদ্ধ হয়। এই সময়



চিত্র ৫৭

মিশ্রণের উষ্ণতা খুব কমিয়া যায়। কিন্তু প্লাটিনাম অনুঘটকের সংস্পর্শে জারণ ক্রিয়ার জন্য মিশ্রণটির উষ্ণতা 450°C হওয়া প্রয়োজন। সেইজন্য বিশুদ্ধ সালফার ডাই-অক্সাইড ও বায়ুর মিশ্রণকে প্রথমে তাপ-বিনিময় প্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া উহার উষ্ণতা 400°C করা হয় ; এইভাবে উত্তপ্ত হইয়া গ্যাস-মিশ্রণ বিক্রিয়া-কক্ষে প্রবেশ করে। বিক্রিয়া-কক্ষে বিভিন্ন স্তরে সচ্ছিদ্র তাকের উপর প্লাটিনামযুক্ত অ্যাসবেস্টস অনু-ঘটকের সূক্ষ্ম গুঁড়া সজ্জিত থাকে। প্রথমে বিক্রিয়া-কক্ষটি অনুঘটক সমেত দীপের সাহায্যে বা তড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা 450°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়া আরম্ভ হইবার সঙ্গে সঙ্গে এই কক্ষে প্রচুর তাপ সৃষ্টি করিয়া 98% সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয় ; ফলে উদ্ভূত তাপ বিক্রিয়া-কক্ষের 450°C উষ্ণতা বজায় রাখে। উপরন্তু এই উত্তপ্ত সালফার ট্রাই-অক্সাইড অন্যান্য গ্যাস-সহ তাপ-বিনিময় প্রকোষ্ঠের মধ্যস্থিত নলের ভিতর দিয়া যাইবার সময় বহিঃস্থ আগন্তুক গ্যাস-মিশ্রণকে 400°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া নিজে ঠাণ্ডা হয়। পরে ইহাকে শীতক-

জলে আরও ঠাণ্ডা করিয়া স্ফটিকখণ্ড ভর্তি স্তম্ভের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয় এবং স্তম্ভের উপর হইতে গাঢ় 98% সালফিউরিক অ্যাসিড ঝরণা ধারায় ছড়ান হয়; ইহাতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিয়া উহাতে বিদ্যমান জলের সঙ্গে যুক্ত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। কারণ সালফার ট্রাই-অক্সাইড সরাসরি জলে সম্পূর্ণরূপে শোষিত হয় না, ইহা অ্যাসিড বাষ্পের কুয়াসা সৃষ্টি করে। নাইট্রোজেন, অক্সিজেন প্রভৃতি অবশিষ্ট গ্যাস বায়ুমণ্ডলে চলিয়া যায় এবং উৎপন্ন অ্যাসিড সঞ্চিত ভাণ্ডারে সংগৃহীত হয়। এইভাবে উৎপন্ন সালফিউরিক অ্যাসিড খুবই গাঢ় ও বিশুদ্ধ।

(গ) শর্ত—SO_2 জারিত হইয়া SO_3 উৎপাদনের বিক্রিয়াটি (যথা $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45{,}200$ ক্যালরি) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির মুখ্য বিষয়। বিক্রিয়াটি আয়তন-হ্রাস জনিত, তাপ-উৎপাদক এবং উভমুখী বলিয়া ইহাকে সফল করিতে কতকগুলি শর্ত পালন করিতে হয়।

(১) SO_2 ও বায়ুর মিশ্রণে অতিরিক্ত অক্সিজেন থাকা দরকার। কারণ সাম্য-ধ্রুবক, $K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 \times [O_2]}$ এবং K-এর মান নির্দিষ্ট ও SO_2-এর গাঢ়ত্ব একটি নির্দিষ্ট মানের বেশী হয় না। সেইজন্য সমীকরণ অনুসারে অক্সিজেনের গাঢ়ত্ব বেশী হইলে অধিকতর SO_3 উৎপন্ন হয়।

(ii) বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক বলিয়া লা-শাটেলীয়ারের নীতি অনুযায়ী উহা প্লাটিনাম অনুঘটকের সান্নিধ্যে 450°C চরম উষ্ণতায় সম্পন্ন করিলে সর্বাধিক সালফার ট্রাই-অক্সাইড (প্রায় 98%) পাওয়া যায়।

(iii) এইরূপ বিক্রিয়ায় উপযুক্ত কঠিন অনুঘটক ব্যবহার করিয়া উহা সুসম্পন্ন করা হয়। সাধারণতঃ অ্যাসবেস্টস তন্তুর উপর অথবা সিলিকা জেলের উপর জমানো সূক্ষ্ম প্লাটিনাম-চূর্ণ অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়।

(iv) সালফার ডাই-অক্সাইড ও বায়ুর মিশ্রণ বিশেষভাবে বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন কারণ গ্যাস-মিশ্রণে As_2O_3, ধূলি-কণা প্রভৃতি অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকিলে অনুঘটক দূষিত হইবার ফলে উহার ক্ষমতা লোপ পায়। তবে ভ্যানাডিয়াম পেন্টক্সাইড অনুঘটকের ক্ষেত্রে গ্যাস-মিশ্রণটির বিশদভাবে বিশুদ্ধকরণের প্রয়োজন হয় না।

(v) এই বিক্রিয়াতে গ্যাসের আয়তন-হ্রাস ঘটিলেও লা-শাটেলীয়ারের নীতি অনুসারে উচ্চ চাপের প্রয়োজন হয় না কারণ উপযুক্ত উষ্ণতায় ও অনুঘটকের সান্নিধ্যেই যথেষ্ট SO_3 উৎপন্ন হয়।

প্রশ্ন : ২৫৬। (ক) ওলিয়াম কি? (খ) কিভাবে উহার পণ্য উৎপাদন করা হয়?

উত্তর : (ক) ২৫২ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) ২৫৫ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

পরে যোগ কর—প্রয়োজনবোধে উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে সরাসরি 100% গাঢ় H_2SO_4-এ শোষিত করিয়া ওলিয়াম বা ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

উনবিংশ অধ্যায় | হ্যালোজেন ও উহাদের হাইড্রাসিড

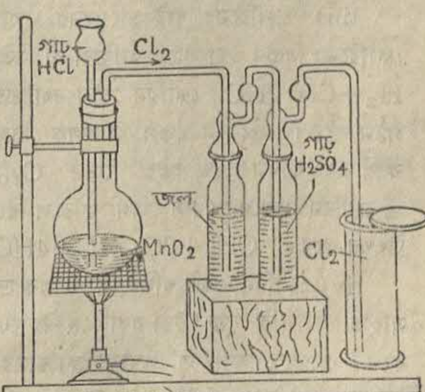
প্রশ্ন : ২৫৭। (ক) হ্যালোজেন কি ? ইহাদের এইরূপ নামকরণ হইল কেন ? (খ) উহাদের প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি কি ? ব্যাখ্যাসহ লিখ।

উত্তর : (ক) সমুদ্রের জলে ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণ থাকে। সমুদ্রের লবণ হইতে সর্বপ্রথম ক্লোরিন পাওয়া যায়। পরে আরও তিনটি মৌল ফ্লুরিণ, ব্রোমিন ও আয়োডিন আবিষ্কৃত হয়। ইহাদের ধর্ম ও প্রকৃতি ক্লোরিনের মত। গ্রীক শব্দ hals অর্থে সামুদ্রিক লবণ বুঝায়। উহাদের সোডিয়াম লবণগুলিও অনুরূপ ধর্মবিশিষ্ট হয়। অতএব উপরোক্ত চারিটি মৌলকে একই পরিবার ভুক্ত মনে করিয়া উহাদের হ্যালোজেন নামে অভিহিত করা হয়।

(খ) ফ্লুরিণ বাদে অন্যান্য হ্যালোজেন যথা ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন উহাদের সোডিয়াম লবণ হইতে সাধারণ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায়। সোডিয়াম বা পটাসিয়াম হ্যালাইড ও গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড চূর্ণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে হ্যালোজেন উৎপন্ন হইয়া বাষ্পাকারে নির্গত হয়; উহাকে ঠাণ্ডা করিলেই বিভিন্ন হ্যালোজেন পাওয়া যায়। $2NaX+3H_2SO_4+MnO_2=2NaHSO_4+MnSO_4+2H_2O+X_2$ ($X=Cl$, Br বা I).

প্রশ্ন : ২৫৮। (ক) পরীক্ষাগারে ক্লোরিন গ্যাস কিরূপে প্রস্তুত করা হয় ? (খ) ইহার প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার লিখ। (গ) ক্লোরিন জল কি ?

উত্তর : (ক) প্রস্তুতি : (i) **HCl হইতে**—উত্তপ্ত অবস্থায় গাঢ় HCl-কে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা জারিত করিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। $MnO_2+4HCl=MnCl_2+2H_2O+Cl_2$.



চিত্র ৪৫

একটি গোলতল্ ফ্লাস্কে বিচূর্ণ MnO_2 লইয়া উহার মুখে দীর্ঘ-নাল ফানেল ও নির্গম নল লাগান হয়। ফ্লাস্কটিকে তার জালির উপর বসাইয়া ফানেল দিয়া গাঢ় HCl ঢালা হয়। ফ্লাস্কটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া নির্গম নল দিয়া বাহির হয়। এই গ্যাসে HCl ও জলীয়

বাষ্প মিশ্রিত থাকে। অতঃপর ইহাকে জল ও গাঢ় H_2SO_4-পূর্ণ দুইটি গ্যাস-ধাবকের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করা হয় এবং বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা গ্যাস জারে সংগ্রহ করা হয়।

(ii) **সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাদ্যলবণ হইতে**—সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাদ্যলবণ ও গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত MnO_2 মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন গ্যাস পাওয়া যায়। গাঢ় H_2SO_4 ও NaCl-এর বিক্রিয়ায় HCl উৎপন্ন হয় এবং ইহা MnO_2 দ্বারা ক্লোরিনে জারিত হয়।

$$2NaCl+3H_2SO_4+MnO_2=2NaHSO_4+MnSO_4+2H_2O+Cl_2$$

[বিবরণের জন্য (i) নং পদ্ধতি দেখ। MnO_2-চূর্ণের বদলে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও MnO_2-চূর্ণের মিশ্রণ লিখিবে।]

(খ) **ভৌত ধর্ম**—ক্লোরিন সবুজাভ-পীত, ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত বিষাক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী ও জলে দ্রবণীয়। ইহা অল্প চাপে তরলে পরিণত হয় (স্ফুটনাঙ্ক $-34{\cdot}5°C$).

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ক্লোরিন দাহ্য নয়; কিন্তু ইহার সংস্পর্শে ফসফরাস, সোডিয়াম প্রভৃতি জ্বলিয়া আলো ও তাপ দেয় এবং ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $2P+5Cl_2=2PCl_5$; $2Na+Cl_2=2NaCl$. ইহা প্রায় সমস্ত ধাতু ও অধাতুর সহিত প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হইয়া ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে। $2Fe+3Cl_2=2FeCl_3$; $Sn+2Cl_2=SnCl_4$.

(ii) ক্লোরিন সাধারণ উষ্ণতায় জলে দ্রবীভূত হইয়া HCl ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড গঠন করে; $H_2O+Cl_2=HCl+HOCl$. ইহাকে ক্লোরিন জল বলে। উজ্জ্বল সূর্যালোকে ক্লোরিন জল বিশ্লিষ্ট হইয়া HCl ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। $2Cl_2+2H_2O=4HCl+O_2$.

(iii) ক্লোরিনের হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি খুব বেশী। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ সূর্যালোকে রাখিলে বা মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে HCl উৎপন্ন হয়: $H_2+Cl=2HCl$. ক্লোরিন যৌগ মধ্যস্থিত হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া HCl গঠন করে। তার্পিন তেল বা জ্বলন্ত মোমবাতি ক্লোরিন গ্যাসে জ্বলিয়া HCl উৎপন্ন করে এবং কার্বন পৃথক হইয়া পড়ে। $C_{10}H_{16}+8Cl_2=16HCl+10C$. মিথেন ও ক্লোরিন মিশ্রণে অগ্নি-সংযোগ করিলে বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া ঘটাইয়া কার্বন ও HCl উৎপন্ন করে। $CH_4+2Cl_2=C+4HCl$.

(iv) ক্লোরিন একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য। ইহা ফেরাস ও স্ট্যানাস ক্লোরাইডের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া যথাক্রমে উহাদের ফেরিক ও স্ট্যানিক ক্লোরাইডে জারিত করে। এক্ষেত্রে অপরা-তড়িৎবাহী ক্লোরিনের অনুপাত বৃদ্ধি পায়। $2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$; $SnCl_2+Cl_2=SnCl_4$. ক্লোরিন H_2S ও NH_3 হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া উহাদিগকে যথাক্রমে সালফার ও নাইট্রোজেনে জারিত করে এবং নিজে HCl-এ বিজারিত হয়। $H_2S+Cl_2=2HCl+S$; $2NH_3+3Cl_2=N_2+6HCl$.

ক্লোরিন ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণকে জারিত করিয়া যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন নির্গত করে এবং নিজে ক্লোরাইড লবণে বিজারিত হয়। $2KBr+Cl_2=2KCl+Br_2$; $2KI+Cl_2=2KCl+I_2$.

(v) ক্লোরিন স্বাভাবিক উষ্ণতায় লঘু ক্ষার দ্রবণের সহিত ক্লোরাইড ও হাইপো-ক্লোরাইট লবণ এবং উচ্চ উষ্ণতায় গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সহিত ক্লোরাইড ও ক্লোরেট লবণ উৎপন্ন করে। লঘু NaOH দ্রবণ স্বাভাবিক উষ্ণতায় ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপো-ক্লোরাইটে পরিণত হয়। কিন্তু উত্তপ্ত ও গাঢ় NaOH দ্রবণ এবং অতিরিক্ত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ক্লোরাইড ও ক্লোরেট উৎপন্ন হয়। $2NaOH+Cl_2=NaCl+NaOCl+H_2O$; $6NaOH+3Cl_2=5NaCl+NaClO_3+3H_2O$.

(vi) ক্লোরিন অনেক ক্ষেত্রে অসংপৃক্ত অধাতব অক্সাইড ও জৈব যৌগের সহিত যুত-যৌগ গঠন করে। CO, SO_2 ও ইথিলিনের সহিত ক্লোরিনের সংযোগে যথাক্রমে কার্বনিল, সালফিউরিল ক্লোরাইড এবং ইথিলিন ডাই-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $CO+Cl_2=COCl_2$; $C_2H_4+Cl_2=C_2H_4Cl_2$.

(vii) ক্লোরিন জলের উপস্থিতিতে জৈব রং বিরঞ্জিত করে। জলের সহিত বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান অক্সিজেন জারণ-ক্রিয়া দ্বারা বিরঞ্জন ঘটায়। $H_2O+Cl_2=2HCl+O$.

ব্যবহার—ক্লোরিন (১) বিরঞ্জক-চূর্ণ, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ক্লোরোফর্ম, ব্রোমিন এবং বিভিন্ন ধাতুর হাইপো-ক্লোরাইট, ক্লোরেট ও ক্লোরাইড লবণ প্রস্তুতিতে, (২) কাগজ ও বস্ত্রশিল্পে বিরঞ্জক রূপে, (৩) যুদ্ধে ব্যবহৃত ফসজিন্, মাস্টার্ড প্রভৃতি বিষাক্ত গ্যাস প্রস্তুতিতে এবং (৪) বীজবারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অনেক সময় পানীয় জল ক্লোরিন দ্বারা জীবাণুমুক্ত করা হয়।

(গ) সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিন জলে দ্রবীভূত হইয়া HCl ও HOCl উৎপন্ন করে : $Cl_2+H_2O=HCl+HOCl$. এই দ্রবণ ঈষৎ পীতাভ ও ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত। ইহাকে ক্লোরিন জল বলে।

প্রশ্ন : ২৫৯। পরীক্ষাগারে (ক) সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে এবং (খ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে ক্লোরিন প্রস্তুত করিবে? (গ) ক্লোরিনের সহিত ক্ষার দ্রবণ কিভাবে বিক্রিয়া করে সমীকরণসহ লিখ।

উত্তর : (ক) ২৫৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

(খ) ২৫৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।

(গ) ২৫৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (v) অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ২৬০। (ক) স্বাভাবিক উষ্ণতায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে ক্লোরিন প্রস্তুত করা যায়? (খ) কি অবস্থায় ক্লোরিন (i) সোডিয়াম, (ii) কষ্টিক সোডা, (iii) কলি-চুন, (iv) কার্বন মনোক্সাইড

(v) পটাসিয়াম আয়োডাইডের সহিত ক্রিয়া করে? (গ) ক্লোরিনের সনাক্তকরণের পরীক্ষা কি?

উত্তর: (ক) পরীক্ষাগারে স্বাভাবিক উষ্ণতায় গাঢ় HCl-কে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা জারিত করিয়া বিশুদ্ধ ক্লোরিন প্রস্তুত করা যায়: $2KMnO_4+16HCl=2KCl+2MnCl_2+8H_2O+5Cl_2$. বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নল যুক্ত একটি শঙ্কু-কূপীতে বিচূর্ণ পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট কেলাস লইয়া ফানেল হইতে উহার উপর ফোঁটা ফোঁটা গাঢ় HCl ফেলিলে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। (১১ নং চিত্র দেখ)। ইহাকে প্রথমে জল ও পরে গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া যথাক্রমে HCl ও জলীয় বাষ্প মুক্ত করা হয় এবং বিশুদ্ধ ও শুষ্ক গ্যাস বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।

(খ) (i) সাধারণ উষ্ণতায় ধাতব সোডিয়াম ক্লোরিনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে এবং জারিত হইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $2Na+Cl_2=2NaCl$.

(ii) ২৫৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (v) অংশ দেখ।

(iii) 40°C উষ্ণতায় শুষ্ক কলিচুনের উপর দিয়া ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে বিরঞ্জক চূর্ণ বা ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন হয়। $Ca(OH)_2+Cl_2=Ca(OCl)Cl+H_2O$.

সাধারণ উষ্ণতায় লঘু কলিচুনের $[Ca(OH)_2]$ দ্রবণের সহিত ক্লোরিন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম হাইপো-ক্লোরাইট উৎপন্ন করে: $2Ca(OH)_2+2Cl_2=CaCl_2+Ca(OCl)_2+2H_2O$; কিন্তু উত্তপ্ত ও গাঢ় দ্রবণের সহিত অতিরিক্ত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ক্লোরেট উৎপন্ন হয়। $6Ca(OH)_2+6Cl_2=5CaCl_2+Ca(ClO_3)_2+6H_2O$.

(iv) সূর্যালোকে বা সক্রিয় কার্বনের উপস্থিতিতে কার্বন মনোক্সাইড ক্লোরিনের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া বিষাক্ত কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফসজেন গ্যাস উৎপন্ন করে: $CO+Cl_2=COCl_2$.

(v) পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে আয়োডিন মুক্ত হয় এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে; দ্রবণে মুক্ত আয়োডিন দ্রবীভূত হইয়া বাদামী বর্ণ হয়: $2KI+Cl_2=2KCl+I_2$. এক্ষেত্রে KI ক্লোরিন দ্বারা মুক্ত আয়োডিনে জারিত হয়।

(গ) সনাক্তকরণ—(i) ক্লোরিন সবুজাভ-পীত, ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গ্যাস, (ii) ইহার বিরঞ্জন ক্ষমতা আছে এবং (iii) ইহা স্টার্চ-আয়োডাইড সিক্ত কাগজকে নীলবর্ণ করে।

প্রশ্ন: ২৬১। পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও যে (ক) ক্লোরিন কতকগুলি মৌলের দহন-সহায়ক; (খ) হাইড্রোজেনের প্রতি ইহার আসক্তি খুব বেশী; (গ) ইহা জারক দ্রব্য এবং (ঘ) বিরঞ্জকরূপে কার্য করে।

উত্তর: (ক) (i) উজ্জ্বলন চামচে একখণ্ড সাদা ফসফরাস লইয়া উহা ক্লোরিন-পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে ফসফরাস স্বতঃস্ফূর্তভাবে সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি করিয়া জ্বলিতে থাকে। ফসফরাস ক্লোরিনে জ্বলিয়া ট্রাই ও পেন্টা-ক্লোরাইডে পরিণত হয়: 2P+

$3Cl_2 = 2PCl_3$; $2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$. (ii) আর্সেনিক বা অ্যান্টিমণির গুঁড়া ক্লোরিন-পূর্ণ গ্যাসজারে ফেলিয়া দিলে উহা স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া ফুলঝুরির মত অগ্নি-স্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া দেয়। আর্সেনিক বা অ্যান্টিমণি ক্লোরিনে জ্বলিয়া ট্রাই-ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $2As + 3Cl_2 = 2AsCl_3$; $2Sb + 3Cl_2 = 2SbCl_3$. (iii) উত্তপ্ত সোডিয়াম ক্লোরিন-পূর্ণ গ্যাস-জারে প্রবেশ করাইলে উজ্জ্বল হলুদ শিখাসহ জ্বলিয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $2Na + Cl_2 = 2NaCl$. সুতরাং ক্লোরিন কতকগুলি মৌলের দহনে সহায়তা করে।

(খ) (i) হাইড্রোজেনের একটি জ্বলন্ত শিখা ক্লোরিন-পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে উহা ধোঁয়াসহ সবুজ শিখায় জ্বলিতে থাকে এবং HCl উৎপন্ন করে। $H_2 + Cl_2 = 2HCl$. আবার সম-আয়তন H_2 ও Cl_2-এর মিশ্রণ আবদ্ধ কাচনলে লইয়া বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে কিছুক্ষণ রাখিলে ধীরে ধীরে HCl উৎপন্ন করে। (ii) তার্পিন তেল ($C_{10}H_{16}$) সিক্ত একখণ্ড ফিল্টার কাগজ ক্লোরিন-পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে কাগজটি জ্বলিয়া উঠে এবং ঝুলমিশ্রিত ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। ক্লোরিন তার্পিন তেলস্থিত হাইড্রোজেনের সহিত সংযোগে HCl গঠন করে এবং কার্বন সূক্ষ্ম কণারূপে পৃথক হইয়া পড়ে। $C_{10}H_{16} + 8Cl_2 = 10C + 16HCl$. সুতরাং হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের আসক্তি খুব বেশী।

(গ) (i) একটি পরীক্ষানলে H_2S মিশ্রিত জল লইয়া উহাতে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে সাদা সালফারের অধঃক্ষেপ পড়ে এবং HCl উৎপন্ন হয়। ক্লোরিন H_2S হইতে পরা-তড়িৎবাহী হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া উহাকে সালফারে জারিত করে এবং নিজে HCl-এ বিজারিত হয়। $H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$. (ii) একটি পরীক্ষানলে KI দ্রবণ লইয়া উহার ভিতর ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করা হইল। পরে ইহাতে অল্প স্টার্চ দ্রবণ মিশাইলে মুক্ত আয়োডিনের জন্য দ্রবণ নীলবর্ণ হয়। ক্লোরিন দ্বারা KI হইতে পরা-তড়িৎবাহী পটাসিয়াম অপসারণের ফলে ইহা জারিত হইয়াছে এবং নিজে KCl-এ বিজারিত হইয়াছে। $2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$. (iii) একটি পরীক্ষানলে ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে অতিরিক্ত ক্লোরিন প্রবাহে দ্রবণ হলুদ বর্ণ হইল। উহাতে পটাসিয়াম ফেরো-সায়ানাইড দ্রবণ মিশাইলে গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহাতে বুঝা যায়, দ্রবণে ফেরিক লবণ আছে এবং ইহা ক্লোরিন দ্বারা $FeCl_2$-এর জারণের ফলে উৎপন্ন হইয়াছে। $2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$; সুতরাং ক্লোরিন একটি জারক দ্রব্য।

(ঘ) একটি জল-সিক্ত রঙিণ ফুল ক্লোরিন ভর্তি গ্যাসজারে ফেলা হইল। রঙিণ ফুল বর্ণহীন হয়। শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসে শুষ্ক রঙিণ ফুল রাখিলে উহা বর্ণহীন হয় না। অতএব জলের উপস্থিতিতে ক্লোরিন বিরঞ্জিত করে। ক্লোরিন প্রথমে জলের সহিত বিক্রিয়ায় জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন করে এবং ইহা পরে রঙিণ দ্রব্যকে জারিত করিয়া বর্ণহীন করে। $Cl_2 + H_2O = 2HCl + O$. সুতরাং ক্লোরিন জারণ-ক্রিয়ার সাহায্যে বিরঞ্জিত করে।

প্রশ্ন ঃ ২৬২। (ক) পরীক্ষাগারে ব্রোমিন প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। (খ) ইহার ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) প্রস্তুতি—পটাসিয়াম ব্রোমাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয়। $2KBr+3H_2SO_4+MnO_2=2KHSO_4+MnSO_4+2H_2O+Br_2$.

একটি কাচের বকযন্ত্রে 1 : 3 অনুপাতে KBr ও MnO_2 লইয়া উহাতে 50% গাঢ় H_2SO_4 মিশান হয়। বকযন্ত্রের প্রান্তভাগ একটি গ্রাহক-পাত্রে রাখিয়া পাত্রটি শীতল জলধারায় ঠাণ্ডা করা হয় এবং বকযন্ত্রটি তারজালির উপর বসাইয়া উত্তপ্ত করা হয় (২৯নং চিত্র দেখ)। বিক্রিয়ার ফলে লাল ব্রোমিন বাষ্প উৎপন্ন হয় এবং ইহা নলের মধ্য দিয়া আসিয়া ঠাণ্ডা গ্রাহক-পাত্রে ঘনীভূত হইয়া গাঢ় লাল তরলরূপে সঞ্চিত হয়।

(খ) **ভৌত ধর্ম**—ব্রোমিন গাঢ় লাল ভারী তরল, ঘনত্ব 3.15 ও স্ফুটনাঙ্ক 59°C. ইহা খুবই উদ্বায়ী ; সেইজন্য তরল হইতে সর্বদাই লাল বাষ্প উত্থিত হয়। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত ও ক্ষয়কারী পদার্থ। ব্রোমিন জলে সামান্য দ্রাব্য কিন্তু ইথার, ক্লোরোফর্ম, CS_2 প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে অধিক দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ব্রোমিন-বাষ্প দাহ্য নয় কিন্তু ফসফরাস, পটাসিয়াম প্রভৃতি মৌলের স্বতঃস্ফূর্ত দহনে ইহা সহায়তা করে। ইহা বিভিন্ন ধাতু ও অধাতুর সহিত প্রত্যক্ষভাবে মিলিয়া ব্রোমাইড লবণ গঠন করে। $2P+5Br_2=2PBr_5$; $Mg+Br_2=MgBr_2$.

(ii) ব্রোমিন জলে অল্প দ্রবীভূত হইয়া ঈষৎ লাল দ্রবণ উৎপন্ন করে ; ইহাকে ব্রোমিন-জল বলে। ইহা অন্ধকারে মোটামুটি স্থায়ী কিন্তু সূর্যালোকে ধীরে ধীরে বিশ্লিষ্ট হইয়া HBr ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে : $2Br_2+2H_2O=4HBr+O_2$.

(iii) ব্রোমিনের হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি অপেক্ষাকৃত কম। উত্তপ্ত অবস্থায় H_2 ও ব্রোমিন বাষ্প যুক্ত হইয়া HBr উৎপন্ন করে : $Br_2+H_2=2HBr$.

(iv) ব্রোমিন মৃদু জারক দ্রব্য। ইহা H_2S, SO_2 প্রভৃতিকে জারিত করিয়া নিজে HBr-এ পরিণত হয়। $H_2S+Br_2=2HBr+S$; $SO_2+Br_2+2H_2O=2HBr+H_2SO_4$. ইহা KI-কে জারিত করিয়া আয়োডিন মুক্ত করে। $2KI+Br_2=2KBr+I_2$.

(v) ব্রোমিন শীতল ও লঘু ক্ষার দ্রবণের সহিত ক্রিয়া করিয়া ব্রোমাইড ও হাইপো-ব্রোমাইট লবণ উৎপন্ন করে ; কিন্তু অধিক উষ্ণতায় গাঢ় ক্ষার দ্রবণে ব্রোমাইড ও ব্রোমেট লবণ পাওয়া যায়। $2NaOH+Br_2=NaBr+NaOBr+H_2O$; $6NaOH+3Br_2=5NaBr+NaBrO_3+3H_2O$.

(vi) ইথিলিন প্রভৃতি অসংপৃক্ত জৈব যৌগের সহিত সাক্ষাৎ সংযোগে ব্রোমিন যুত-যৌগ গঠন করে : $C_2H_4+Br_2=C_2H_4Br_2$ (ইথিলিন ডাই ব্রোমাইড)।

ব্যবহার—(১) বিভিন্ন ব্রোমাইড লবণ, ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড ও মিথাইল ব্রোমাইড প্রস্তুতিতে, (২) মৃদু জারকরূপে ও বহু জৈব যৌগের সংশ্লেষণে, (৩) কয়েক প্রকার কাঁদুনে গ্যাস তৈরী করিতে এবং (৪) বীজবারকরূপে ব্রোমিন ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ২৬৩। (ক) আয়োডিনের প্রধান উৎস কি ? (খ) কিভাবে

পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ আয়োডিন প্রস্তুত করা হয়? (গ) ইহার ধর্ম ও ব্যবহার লিখ। (ঘ) টিঞ্চার আয়োডিন কি?

উত্তর : (ক) **উৎস**—আয়োডিন মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। ইহা সমুদ্রের জলে, সামুদ্রিক উদ্ভিদে এবং পেট্রোলিয়াম লবণোদকে আয়োডাইড লবণ হিসাবে থাকে। চিলি-সোরা ক্যালিচিতে সামান্য সোডিয়াম আয়োডাইড মিশ্রিত থাকে।

(খ) **প্রস্তুতি**—সোডিয়াম আয়োডাইড, MnO_2 ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে আয়োডিন প্রস্তুত করা হয়।

$$2NaI+3H_2SO_4+MnO_2=2NaHSO_4+MnSO_4+2H_2O+I_2$$

কাচের বকযন্ত্রে NaI, MnO_2 ও 50% গাঢ় H_2SO_4 মিশাইয়া উহাকে তারজালির উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে বেগুনী আয়োডিন বাষ্প নির্গত হয়; ইহা বকযন্ত্রের গলার মধ্য দিয়া আসিয়া শীতল গ্রাহক-পাত্রে উজ্জ্বল কালো কেলাসরূপে ঘনীভূত হয়। এই আয়োডিন বিশুদ্ধ নয়; ইহাতে আয়োডিন ক্লোরাইড, আয়োডিন ব্রোমাইড প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। ইহাকে NaI সহযোগে পুনরায় উর্ধ্বপাতিত করিলে বিশুদ্ধ আয়োডিন পাওয়া যায়।

(গ) **ভৌত ধর্ম**—আয়োডিন গাঢ় উজ্জ্বল ধূসর বর্ণের স্ফটিক, ঘনত্ব 4·9. উত্তাপ প্রয়োগে ইহা সরাসরি বাষ্পীভূত হইয়া বেগুনী বর্ণের গ্যাসে পরিণত হয়। ইহা জলে অল্প দ্রবণীয় কিন্তু CS_2, ক্লোরোফর্ম প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে অধিক পরিমাণে দ্রবীভূত হইয়া বেগুনী বর্ণের দ্রবণ সৃষ্টি করে।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) আয়োডিন বাষ্প অদাহ্য কিন্তু ইহাতে ফসফরাস মৃদু ভাবে জ্বলে। ইহা অধিকাংশ ধাতু ও অধাতুর সহিত প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হইয়া আয়োডাইড লবণ গঠন করে। $2P+3I_2=2PI_3$; $I_2+Cl_2=2ICl$; $Hg+I_2=HgI_2$.

(ii) আয়োডিনের হাইড্রোজেন-আসক্তি খুবই কম। উত্তপ্ত অবস্থায় প্লাটিনাম অনুঘটকের সংস্পর্শে H_2 ও I_2-এর আংশিক সংযোগ ঘটে : $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$.

(iii) আয়োডিন মৃদু জারক দ্রব্য; ইহার প্রলম্বিত বা জলীয় দ্রবণ H_2S, SO_2 প্রভৃতি জারিত করে এবং নিজে HI-এ বিজারিত হয়। $H_2S+I_2=2HI+S$; $SO_2+2H_2O+I_2=H_2SO_4+2HI$.

(iv) আয়োডিন শীতল ও লঘু ক্ষার দ্রবণের সহিত আয়োডাইড ও হাইপো-আয়োডাইড গঠন করে কিন্তু উষ্ণ গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সহিত উহা আয়োডাইড ও আয়োডেট উৎপন্ন করে। $2NaOH+I_2=NaI+NaOI+H_2O$; $6NaOH+3I_2=5NaI+NaIO_3+3H_2O$.

(v) আয়োডিন সোডিয়াম থায়ো-সালফেট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া টেট্রা-থায়োনেট এবং আয়োডাইড গঠন করে; ফলে বাদামী বর্ণ লোপ পাইয়া দ্রবণ বর্ণহীন হয়। $2Na_2S_2O_3+I_2=2NaI+Na_2S_4O_6$.

(vi) আয়োডিন KI দ্রবণে সহজে দ্রবীভূত হইয়া বাদামী বর্ণের যুক্ত-যৌগ ট্রাই-আয়োডাইড গঠন করে : $KI+I_2=KI_3$.

(vii) উত্তপ্ত গাঢ় HNO_3 দ্বারা আয়োডিন জারিত হইয়া আয়োডিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে: $3I_2+10HNO_3=6HIO_3+10NO+2H_2O$.

ব্যবহার—আয়োডিন (১) পটাসিয়াম আয়োডাইড, আয়োডোফর্ম প্রভৃতি প্রস্তুতিতে, (২) রঞ্জন-শিল্পে, জৈব যৌগের সংশ্লেষণে, বীজবারক ঔষধ ও জীবাণুনাশক পদার্থরূপে ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে মৃদু জারকরূপে এবং আয়োডো-মিতিতে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(ঘ) আয়োডিন, পটাসিয়াম আয়োডাইড ও অ্যালকোহল সম-পরিমাণে মিশাইলে যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাহাকে টিঞ্চার আয়োডিন বলে। ইহা জীবাণুনাশক রূপে কাটা ঘা ও ক্ষতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন: ২৬৪। (ক) ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের ধর্মের তুলনা কর। (খ) ইহাদিগকে একই গোষ্ঠীভুক্ত বলিয়া মনে করা হয় কেন?

উত্তর: (ক) ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের ধর্মের তুলনা—

ধর্ম	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
(১) পারমাণবিক গুরুত্ব	35·46	79·92	126·91
(২) বর্ণ ও অবস্থা	সবুজ-পীত গ্যাস।	গাঢ় লাল তরল; বাষ্প লাল।	গাঢ় ধূসর কঠিন; বাষ্প বেগুনী।
(৩) জলে দ্রাব্যতা	মোটামুটি দ্রাব্য।	ক্লোরিনের চেয়ে কম।	খুব কম দ্রাব্য।
(৪) জলের উপর ক্রিয়া	সূর্য্যালোকে HCl ও O_2 দেয়।	সূর্য্যালোকে অতি ধীরে HBr ও O_2 দেয়।	ক্রিয়া করে না।
(৫) হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া	সূর্য্যালোকে মিলিত হইয়া HCl গঠন করে।	উত্তপ্ত অবস্থায় মিলিত হইয়া HBr গঠন করে।	উত্তপ্ত অবস্থায় প্লাটিনামের সংস্পর্শে যুক্ত হইয়া HI দেয়।
(৬) ক্ষারের সহিত	বিক্রিয়া		
(i) ঠাণ্ডা লঘু দ্রবণ	হাইপো-ক্লোরাইড ও ক্লোরাইড গঠন করে।	হাইপো-ব্রোমাইড ও ব্রোমাইড গঠন করে।	হাইপো-আয়োডাইড ও আয়োডাইড সৃষ্টি করে।
(ii) উত্তপ্ত গাঢ় দ্রবণ	ক্লোরাইড ও ক্লোরেট উৎপন্ন করে।	ব্রোমাইড ও ব্রোমেট উৎপন্ন করে।	আয়োডাইড ও আয়োডেট উৎপন্ন করে।
(৭) সক্রিয়তা ও প্রতিস্থাপন ক্রিয়া	অধিক সক্রিয়; ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে Br_2 ও I_2 মুক্ত করে।	মাঝামাঝি সক্রিয়; কেবল আয়োডাইড হইতে I_2 মুক্ত করে।	কম সক্রিয়; প্রতিস্থাপনে অক্ষম।

ধর্ম	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
(৮) জারণ-ক্রিয়া	তীব্র জারক পদার্থ।	মাঝামাঝি জারক দ্রব্য।	মৃদু জারক পদার্থ।
(৯) বিরঞ্জন ক্ষমতা	জলের উপস্থিতিতে সঙ্গে সঙ্গে বিরঞ্জিত করে।	জলের উপস্থিতিতে ধীরে ধীরে বিরঞ্জিত করে।	বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই।
(১০) স্টার্চ দ্রবণের উপর ক্রিয়া	দ্রবণের বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে।	দ্রবণকে হলুদ বর্ণ করে।	দ্রবণকে নীল বর্ণ করে।

(খ) ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের বহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন-বিন্যাস s^2p^5 বলিয়া উহাদের সাধারণ ধর্মসমূহের মধ্যে কিছু তারতম্য পরিলক্ষিত হইলেও অনেক সাদৃশ্য বিদ্যমান। সাধারণতঃ পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে ইহাদের সক্রিয়তা ক্রমশঃ হ্রাস পায়; ফলে ধর্মের মধ্যে কিছু পার্থক্য দেখা যায়। ইহারা সকলেই অধাতব মৌল এবং ঋণাত্মক তড়িৎধর্মী। ইহারা সক্রিয় বলিয়া প্রকৃতিতে মৌল অবস্থায় থাকে না। ইহাদের একই উপায়ে প্রস্তুত করা যায়। ইহাদের প্রত্যেকেরই ঝাঁঝাল গন্ধ আছে। ইহারা একযোজী এবং হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সমধর্মী HCl, HBr ও HI গঠন করে। ইহারা অধিকাংশ ধাতু ও অধাতুর সহিত সরাসরি মিলিয়া হ্যালাইড যৌগ উৎপন্ন করে। ইহারা জারণ-গুণ সম্পন্ন। এই কারণে ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনকে একই পরিবারভুক্ত হ্যালোজেন গোষ্ঠীর অন্তভুক্ত করিয়া পর্যায়-সারণীর সপ্তম শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে।

প্রশ্ন: ২৬৫। (ক) পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত ও সংগ্রহ করা হয়? (খ) HCl প্রস্তুতিতে H_2SO_4-এর পরিবর্তে HNO_3 ব্যবহারে কি অসুবিধা হয়। অথবা, **HCl প্রস্তুতিতে HNO_3 ব্যবহৃত হয় না কেন? (গ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কিরূপে সনাক্ত করা হয়।**

উত্তর: (ক) **প্রস্তুতি**—সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাদ্যলবণের সহিত গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস) প্রস্তুত করা হয়।

(i) $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (150° – 200°C উষ্ণতায়)

(ii) $NaCl + NaHSO_4 = Na_2SO_4 + HCl$ (500°C উষ্ণতার ঊর্ধ্বে)

সাধারণত: পরীক্ষাগারে স্বল্প উত্তাপে বিক্রিয়া নিষ্পন্ন করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস) প্রস্তুত করা হয়।

দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নল যুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে কিছু সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাদ্যলবণ লওয়া হয়; ফানেল দিয়া উহাতে গাঢ় H_2SO_4 ঢালিয়া ফ্লাস্কটি তারজালির উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয় (৪৩ নং চিত্র দেখ)। বিক্রিয়ার ফলে বর্ণহীন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস) উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়। এই গ্যাস গাঢ় H_2SO_4-এর ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া শুষ্ক করা হয় এবং পরে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।

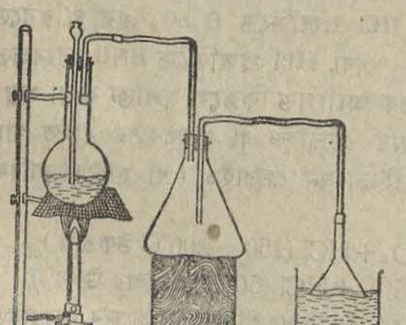
(খ) NaCl ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যথারীতি HCl উৎপন্ন হয় : $NaCl + HNO_3 = NaNO_3 + HCl$. কিন্তু HCl ও HNO_3 উভয়ই সমান উদ্বায়ী বলিয়া একই সঙ্গে বাষ্পীভূত হয়। আবার নাইট্রিক অ্যাসিড শক্তিশালী জারক, ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ক্লোরিনে জারিত করে। $3HCl + HNO_3 = NOCl + Cl_2 + H_2O$. ফলে উৎপন্ন অ্যাসিড অবিশুদ্ধ থাকে এবং ইহার একাংশ নষ্ট হয়। সেইজন্য HCl প্রস্তুতিতে কখনও HNO_3 ব্যবহার করা যায় না। কিন্তু H_2SO_4 স্থায়ী ও কম উদ্বায়ী বলিয়া এইরূপ বিক্রিয়া করে না, ফলে ইহার ব্যবহারে কোন অসুবিধা হয় না।

(গ) **সনাক্তকরণ**—বর্ণহীন শ্বাসরোধক, ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস (i) অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন করে; (ii) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড সহযোগে গাঢ় অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে সবুজাভ পীত বর্ণের ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয় এবং (iii) লঘু অ্যাসিড দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ ঢালিলে দধির মত সাদা সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়; ইহা লঘু অ্যাসিডে অদ্রবণীয় কিন্তু অ্যামোনিয়াতে দ্রবণীয়।

প্রশ্ন : ২৬৬। (ক) পরীক্ষাগারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? (খ) ইহার জলীয় দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করিবে? (গ) ইহার প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার লিখ। (ঘ) ইহা যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যৌগ তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে?

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—২৬৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ প্রস্তুতিতে গ্যাসটি একটি খালি ফ্লাস্কের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া নির্গম নলটি একটি জলপূর্ণ পাত্রে অল্প ডুবান হয়; অনেক সময় নলের মুখে একটি ফানেল লাগাইয়া উহাকে জলের সমতলে রাখা হয় (চিত্র ৪১)। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস দ্রুত জলে দ্রবীভূত হইয়া জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে। এই ব্যবস্থায় পশ্চাৎ শোষণের ফলে জল নল বাহিয়া বিক্রিয়া-ফ্লাস্কে সরাসরি প্রবেশ করিয়া বিস্ফোরণ ঘটাইতে পারে না; জল মধ্যস্থিত খালি ফ্লাস্কে জমা হয়।



চিত্র ৪৩

(গ) **ভৌত ধর্ম**—হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বর্ণহীন, শ্বাসরোধক ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গ্যাস; ইহা আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হয়। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং জলে অত্যধিক দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দাহ্য বা দহন-সহায়ক নয়।

(ii) ইহা তীব্র এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহার জলীয় দ্রবণ তীব্র অম্লধর্মী ; দ্রবণে ইহা সম্পূর্ণ আয়নিত হয় ; $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$. জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রন প্রভৃতি ধাতু লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়ায় ধাতব ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে ; ইহারা HCl গ্যাসের সহিত অনার্দ্র ক্লোরাইড গঠন করে। $Mg+2HCl=MgCl_2+H_2$; $Fe+2HCl=FeCl_2+H_2$. লঘু অ্যাসিড ক্ষার ও ক্ষারকের সহিত ধাতব ক্লোরাইড ও জল উৎপন্ন করে। $ZnO+2HCl=ZnCl_2+H_2O$; $NaOH+HCl=NaCl+H_2O$. ইহা ধাতব কার্বনেটকে বিশ্লিষ্ট করিয়া CO_2 নির্গত করে। $CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$.

(iii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়ার সহিত যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি করে : $NH_3+HCl=NH_4Cl$.

(iv) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বিজারক পদার্থ। ইহা MnO_2, $KMnO_4$ প্রভৃতি জারক পদার্থের দ্বারা সহজেই ক্লোরিনে জারিত হয়। $MnO_2+4HCl=MnCl_2+2H_2O+Cl_2$.

(v) লেড নাইট্রেট ও সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে HCl যোগ করিলে যথাক্রমে সাদা লেড ক্লোরাইড ও সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। $Pb(NO_3)_2+2HCl=PbCl_2+2HNO_3$; $AgNO_3+HCl=AgCl+HNO_3$.

ব্যবহার—(১) বিভিন্ন ধাতব ক্লোরাইড ও ক্লোরিন প্রস্তুতিতে, (২) গ্লুকোজ, সিরাপ ও গ্লুজাতীয় আঠা তৈরী করিতে, (৩) রঞ্জন-শিল্পে ও ঔষধ হিসাবে, (৪) লৌহ-দ্রব্যের উপর টিন বা জিঙ্কের প্রলেপ দিবার সময় এবং (৫) পরীক্ষাগারে অন্যতম বিকারক হিসাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

(খ) (i) লঘু HCl দ্রবণে জিঙ্ক যোগ করিলে উহাদের বিক্রিয়ার ফলে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় উহা আগুনের সংস্পর্শে জলিয়া উঠে এবং অক্সিজেনে পোড়াইলে জল গঠন করে। অতএব ইহা হাইড্রোজেন গ্যাস। (ii) গাঢ় HCl-এর সহিত MnO_2-চূর্ণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে যে গ্যাস পাওয়া যায় উহা সবুজাভ পীতবর্ণ ও ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত এবং উহা স্টার্চ-আয়োডাইড সিক্ত ফিল্টার কাগজকে নীলবর্ণ করে। অতএব ইহা ক্লোরিন গ্যাস। $MnO_2+4HCl=MnCl_2+2H_2O+Cl_2$. সুতরাং প্রমাণিত হয় যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন আছে অর্থাৎ ইহা হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যৌগ।

প্রশ্ন : ২৬৭। (ক) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস জলে খুব দ্রাব্য ও জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী, (খ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া এবং (গ) ঐ অ্যাসিডের সহিত সিলভার নাইট্রেটের বিক্রিয়া দেখাইয়া পরীক্ষা বর্ণনা কর।

উত্তর : (ক) একটি শুষ্ক গোলতল ফ্লাস্কে শুষ্ক HCl গ্যাস ভর্তি করিয়া উহার মুখে স্টপকক যুক্ত লম্বা কাচনল লাগান হয় এবং ফ্লাস্কটিকে উল্টাইয়া নলের খোলা

মুখটি নীল লিটমাস দ্রবণে ডুবাইয়া রাখা হয়। স্টপককটি খুলিয়া ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা করিলে নীল লিটমাস দ্রবণ কাচ নল বাহিয়া ফ্লাস্কে প্রবেশ করিয়া HCl গ্যাস দ্রবীভূত করিয়া লালবর্ণ হয়। চাপ কমিবার ফলে নীল লিটমাস দ্রবণ ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কের ভিতর ছড়াইয়া পড়ে এবং সঙ্গে সঙ্গে লাল বর্ণে পরিবর্তিত হয়। ইহা প্রমাণ করে যে HCl গ্যাস জলে অত্যধিক দ্রবণীয় এবং উহার জলীয় দ্রবণ অ্যাসিড-ধর্মী।

(খ) HCl-গ্যাস ভর্তি একটি গ্যাসজারের উপর অ্যামোনিয়া গ্যাস-পূর্ণ অপর একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া ঢাকনা বসান হইল। গ্যাস-জার দুইটি ঘন সাদা ধোঁয়ায় ভরিয়া যায়। HCl গ্যাস ও NH_3 গ্যাসের সংযুক্তিতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সূক্ষ্ম ভাসমান সাদা কণার সৃষ্টি হয়, ইহা সাদা ধোঁয়ার মত দেখায়।

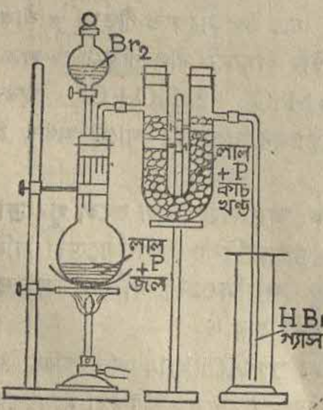
$$NH_3+HCl=NH_4Cl.$$

(গ) HCl গ্যাস-ভর্তি একটি গ্যাসজারে $AgNO_3$ দ্রবণ মিশাইয়া ঝাঁকান হইল। জারে অদ্রবণীয় সিলভার ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ দেখা যায় এবং HNO_3 উৎপন্ন হয়: $AgNO_3+HCl=AgCl+HNO_3$.

প্রশ্ন: ২৬৮। (ক) যন্ত্রপাতির নক্সাসহ বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর। (খ) ইহার প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার লিখ। (গ) কিভাবে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড দ্রবণের মধ্যে পার্থক্য করিয়া সনাক্ত করিবে।

উত্তর: (ক) **প্রস্তুতি**—লাল ফসফরাস ও জলের মিশ্রণের সহিত ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুত করা হয়। প্রথমে ফসফরাস ও ব্রোমিন ক্রিয়া করিয়া ফসফরাস ট্রাই-ব্রোমাইড ও পেন্টা-ব্রোমাইড গঠন করে। ইহারা পরে জল দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং যথাক্রমে ফসফরাস ও ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$2P+3Br_2=2PBr_3\ ;\ PBr_3+3H_2O=3HBr+H_3PO_3$$
$$2P+5Br_2=2PBr_5\ ;\ PBr_5+4H_2O=5HBr+H_3PO_4$$



চিত্র ৪৭

বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নল যুক্ত একটি ফ্লাস্কে লাল ফসফরাস ও জলের মিশ্রণ লওয়া হয়। এই মিশ্রণে ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা ব্রোমিন যোগ করিলে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। শেষের দিকে বিক্রিয়ার গতি মন্থর হইলে ফ্লাস্কটিকে অল্প উত্তপ্ত করা হয়। এই গ্যাসে ব্রোমিন ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। ইহাকে আর্দ্র কাচখণ্ড ও লাল ফসফরাস পূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া

ব্রোমিন বাষ্প হইতে মুক্ত করা হয়; পরে বিগলিত $CaCl_2$ দ্বারা গ্যাসটি বিশুষ্ক করিয়া বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়। এই গ্যাস ঠাণ্ডা জলে দ্রবীভূত করিলে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড দ্রবণ পাওয়া যায়।

(খ) **ভৌত ধর্ম**—হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বর্ণহীন প্রদাহদায়ক গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হয়। ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক ভারী এবং জলে অধিক দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) হাইড্রোজেন ব্রোমাইড দাহ্য বা দহন-সহায়ক নয়।

(ii) ইহা অপেক্ষাকৃত দুঃস্থিত যৌগ। সূর্যালোকে বায়ুস্থিত অক্সিজেন দ্বারা HBr দ্রবণ জারিত হইয়া ব্রোমিন উৎপন্ন করে। $4HBr+O_2=2H_2O+2Br_2$.

(iii) ইহা তীব্র এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহার জলীয় দ্রবণ তীব্র অম্ল-ধর্মী। ইহার সহিত বিভিন্ন ধাতুর বিক্রিয়ায় ব্রোমাইড লবণ ও হাইড্রোজেন এবং ক্ষারকের বিক্রিয়ায় ব্রোমাইড লবণ ও জল উৎপন্ন হয়।

$$Zn+2HBr=ZnBr_2+H_2\ ;\ NaOH+HBr=NaBr+H_2O$$

(iv) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বিজারক পদার্থ। ইহা MnO_2, $KMnO_4$, গাঢ় H_2SO_4 প্রভৃতি জারক দ্রব্য দ্বারা ব্রোমিনে জারিত হয়। ইহা ক্লোরিন দ্বারাও জারিত হইয়া মুক্ত ব্রোমিন উৎপন্ন করে। $4HBr+MnO_2=MnBr_2+2H_2O+Br_2$; $2HBr+H_2SO_4=Br_2+2H_2O+SO_2$; $2HBr+Cl_2=2HCl+Br_2$.

(v) HBr দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে ঈষৎ হলুদ সিলভার ব্রোমাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। $HBr+AgNO_3=AgBr+HNO_3$.

(গ) নিম্নলিখিত পরীক্ষার সাহায্যে হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের মধ্যে পার্থক্য করা যায়; ফলে উহাদের সনাক্তকরণ সম্ভব হয়। যথা—

(i) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে লাল ব্রোমিন বাষ্প নির্গত হয় কিন্তু হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করিলে বেগুনী বর্ণের আয়োডিন বাষ্প নির্গত হয়।

(ii) HBr-এর জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন-জল ও CS_2 তরল যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে দ্রবণ পীতবর্ণ হয়; কিন্তু HI-এর জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন-জল মিশাইয়া উহাতে স্টার্চ দ্রবণ দিলে দ্রবণ নীলবর্ণ হয় অথবা CS_2 তরল সহযোগে ঝাঁকাইলে দ্রবণ বেগুনী বর্ণ হয়।

(iii) HBr-এর জলীয় দ্রবণে $AgNO_3$ দ্রবণ ঢালিলে ঈষৎ হলুদ সিলভার ব্রোমাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে; ইহা লঘু অ্যাসিডে অদ্রবণীয় এবং অ্যামোনিয়াতে ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু HI-এর জলীয় দ্রবণে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে হলুদ সিলভার আয়োডাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে; ইহা লঘু অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়া উভয়েই অদ্রবণীয়।

প্রশ্ন : ২৬৯। (ক) পরীক্ষাগারে শুষ্ক হাইড্রোজেন আয়োডাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? (খ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির মত ধাতব ব্রোমাইড বা আয়োডাইড ও গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় HBr বা

HI প্রস্তুত করা যায় না কেন? (গ) হাইড্রোজেন আয়োডাইড যে বিজারক দ্রব্য তাহা উপযুক্ত বিক্রিয়া সহযোগে দেখাও।

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের মিশ্রণের সহিত জলের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুত করা হয়। প্রথমে ফসফরাস ও আয়োডিনের সংযোগে ফসফরাস ট্রাই-আয়োডাইড গঠিত হয়; ইহাই জল দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়োডাইড ও ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$2P+3I_2=2PI_3\ ;\ PI_3+3H_2O=H_3PO_3+3HI$$

একটি ফ্লাস্কে 1 : 5 অনুপাতে লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের মিশ্রণ লওয়া হয়। বিন্দুপাতী ফানেলের সাহায্যে এই মিশ্রণে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল যোগ করিলে বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়। ইহাতে আয়োডিন ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। ইহাকে লাল ফস্‌ফরাস-পূর্ণ U-নল এবং শুষ্ক P_2O_5-ভর্তি বাল্‌বের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া যথাক্রমে আয়োডিন বাষ্প ও জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করা হয়। পরিশেষে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়। এই গ্যাস শীতল জলে দ্রবীভূত করিলেই হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড দ্রবণ পাওয়া যায়।

(খ) ধাতব ক্লোরাইড ও গাঢ় H_2SO_4 একত্রে মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়। কিন্তু উৎপন্ন HCl গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা জারিত হয় না কারণ HCl তীব্র বিজারক পদার্থ নয়। অপরদিকে, ধাতব ব্রোমাইড বা আয়োডাইড গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করিলে প্রথমে HBr বা HI গ্যাস উৎপন্ন করে। ইহারা অপেক্ষাকৃত তীব্র বিজারক দ্রব্য বলিয়া সহজেই উষ্ণ ও গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় উহা দ্বারা মুক্ত ব্রোমিন বা আয়োডিনে জারিত হয়। সেই কারণে ধাতব ব্রোমাইড বা আয়োডাইড ও গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়া ঘটাইয়া HBr বা HI প্রস্তুত করা যায় না। $2KX+H_2SO_4=2KHSO_4+2HX$; $2HX+H_2SO_4=X_2+SO_2+2H_2O$ (X=Br বা I).

(গ) হাইড্রোজেন আয়োডাইড তীব্র বিজারক পদার্থ। বায়ু, HNO_3, H_2O_2, Cl_2, H_2SO_4 প্রভৃতিকে ইহা বিজারিত করিয়া সর্বদাই নিজে মুক্ত আয়োডিনে জারিত হয়। $4HI+O_2=2H_2O+I_2$; $2HI+H_2O_2=2H_2O+I_2$; $2HI+Cl_2=2HCl+I_2$; $2HI+H_2SO_4=I_2+SO_2+2H_2O$.

HI অপেক্ষাকৃত দুঃস্থিত বলিয়া ফেরিক ও কিউপ্রিক লবণ, নাইট্রাস অ্যাসিড প্রভৃতিকে বিজারিত করে। $2FeCl_3+2HI=2FeCl_2+2HCl+I_2$; $2HNO_2+2HI=2H_2O+2NO+I_2$.

প্রশ্ন : ২৭০। হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের মধ্যে তুলনা কর।

উত্তর : হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড অর্থাৎ হ্যালোজেন হাইড্রা-অ্যাসিডগুলির সাধারণ সংকেত HX (X=Cl, Br বা I)। ইহারা

একযোজী যৌগ। ইহারা প্রত্যেকেই মৌল দুইটির প্রত্যক্ষ সংযোগে উৎপন্ন হইলেও বিভিন্ন অবস্থায় এই সংযোজন ঘটে। যেমন হাইড্রোজেন সূর্যালোকে ক্লোরিনের সহিত, উত্তপ্ত অবস্থায় ব্রোমিনের সহিত এবং প্লাটিনাম অনুঘটকের সান্নিধ্যে উত্তপ্ত অবস্থায় আয়োডিনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে HCl, HBr এবং HI গঠন করে। সাধারণ উষ্ণতায় প্রত্যেকটি বর্ণহীন ও বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত গ্যাস এবং আর্দ্র-বায়ুতে ধূমায়িত হয়। উহারা প্রত্যেকেই জলে অত্যধিক দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ অম্ল-ধর্মী। ইহাদের মধ্যে HCl সর্বাপেক্ষা তীব্র অ্যাসিড। ইহাদের স্থায়িত্ব হ্যালোজেন মৌলের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে হ্রাস পায়; যেমন সূর্যালোকে বা 180°C উষ্ণতায় HI বাষ্প, 800°C উষ্ণতায় উর্ধ্বে HBr বাষ্প এবং 1500°C উষ্ণতায় HCl বাষ্পের বিয়োজন আরম্ভ হয়। জলীয় দ্রবণে এই অ্যাসিডগুলির বিজারণ ক্ষমতা উহাদের স্থায়িত্বের উপর নির্ভরশীল। ইহাদের মধ্যে HCl সর্বাপেক্ষা সুস্থিত যৌগ বলিয়া ইহার বিজারণ ক্ষমতা কম, পক্ষান্তরে HI সর্বাপেক্ষা দুঃস্থিত বলিয়া ইহার বিজারণ ক্ষমতা সর্বাধিক। এই কারণে সাধারণ উষ্ণতায় HCl দ্রবণ বায়ুস্থিত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না কিন্তু HI দ্রবণ জারিত হইয়া মুক্ত আয়োডিনে পরিণত হয়। আবার HI ক্লোরিন ও ব্রোমিন দ্বারা এবং HBr ক্লোরিন দ্বারা জারিত হয় কিন্তু HCl এইভাবে জারিত হয় না। গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা HBr ও HI আক্রান্ত হয় কিন্তু HCl উহার সহিত ক্রিয়া করে না; HCl কেবলমাত্র তীব্র জারক দ্রব্যের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরিনে জারিত হয়। HI সহজেই জারিত হয় বলিয়া ইহা বিজারক রূপেও ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

———

বিংশ অধ্যায়	ধাতু নিষ্কাশন

প্রশ্ন : ২৭১। (ক) ধাতু ও অধাতুর মধ্যে ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য উল্লেখ কর। ইহাদের মধ্যে কি ব্যতিক্রম দেখা যায়? (খ) ধাতুকল্প কি? উদাহরণ দাও। (গ) বর ধাতু ও অবর ধাতু কাহাকে বলে?

উত্তর : (ক) যাবতীয় মৌল পদার্থগুলিকে ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য অনুসারে ধাতু এবং অধাতু এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়।

পার্থক্য : ভৌত ধর্ম—ধাতু সাধারণতঃ উজ্জ্বল ও মসৃণ, শক্ত ও সুদৃঢ়, নমনীয় ও ঘাতসহনশীল কঠিন পদার্থ। ইহার ঘনত্ব বেশী; ইহা তাপ ও তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম। অধাতু অনুজ্জ্বল, শিথিল ও ভঙ্গুর কঠিন বা গ্যাসীয় পদার্থ। ইহার ঘনত্ব অপেক্ষাকৃত কম; ইহা তাপ ও তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম।

ব্যতিক্রম—পারদ ধাতু হইলেও সাধারণ উষ্ণতায় তরল পদার্থ এবং বিসমাথ ধাতু ভঙ্গুর। সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ধাতুগুলির ঘনত্ব কম। অপরদিকে, ব্রোমিন অধাতু হইলেও তরল পদার্থ এবং অধাতব হীরক, গ্রাফাইট ও আয়োডিন উজ্জ্বল দেখায়। গ্রাফাইট অধাতু হইলেও তড়িৎ পরিবাহী এবং অধাতু আয়োডিনের ঘনত্ব বেশী।

রাসায়নিক ধর্ম—ধাতু ধনাত্মক তড়িৎবাহী পদার্থ; ধাতব পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া ক্যাটায়ন উৎপন্ন করে। ধাতু ক্ষারকীয় অক্সাইড গঠন করে এবং লঘু অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হইয়া H_2 উৎপন্ন করে। ধাতব ক্লোরাইড তড়িৎ-যোজী, অনুদ্বায়ী কঠিন যৌগ; ইহারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না। ধাতু দুঃস্থিত হাইড্রাইড গঠন করে। অধাতু ঋণাত্মক তড়িৎবাহী পদার্থ; অধাতব পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অ্যানায়ন উৎপন্ন করে। ইহা আম্লিক অক্সাইড গঠন করে এবং লঘু অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে না। অধাতব ক্লোরাইড সমযোজী উদ্বায়ী তরল যৌগ এবং আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। অধাতু সুস্থিত ও উদ্বায়ী হাইড্রাইড গঠন করে।

ব্যতিক্রম—জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতু উভধর্মী অক্সাইড গঠন করে। ফেরিক ক্লোরাইড আংশিকভাবে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এবং সোডিয়াম হাইড্রাইড সুস্থিত তড়িৎযোজী যৌগ। অপরদিকে, হাইড্রোজেন অধাতু হইলেও ধনাত্মক তড়িৎবাহী পদার্থ এবং ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া H^+ আয়ন গঠন করে। জল, কার্বন মনোক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড প্রভৃতি অধাতব অক্সাইডগুলি প্রশম এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না।

(খ) যে সমস্ত মৌলিক পদার্থের মধ্যে ধাতু ও অধাতু উভয় শ্রেণীর কিছু কিছু ধর্ম কম-বেশী প্রকাশ পায়, তাহাদিগকে ধাতুকল্প বলে। আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনি এই শ্রেণীভুক্ত।

(গ) গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি ভারী ধাতুগুলির রাসায়নিক সক্রিয়তা কম। ইহারা বায়ু, ক্ষার বা অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় না। ইহাদের বর ধাতু (noble metal) বলে। অন্যদিকে জিঙ্ক, আয়রণ, কপার প্রভৃতি ধাতুর সক্রিয়তা অপেক্ষাকৃত বেশী। ইহারা সহজেই বায়ু, ক্ষার ও অ্যাসিডের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া করে। ইহাদের অবর ধাতু (base metal) বলে।

প্রশ্ন : ২৭২। সংজ্ঞা লিখ :—(i) আকরিক, (ii) ধাতুবিদ্যা, (iii) খনিজ মল, (iv) বিগালক ও ধাতুমল।

উত্তর : (i) **আকরিক**—প্রকৃতিতে অধিকাংশ ধাতুই নানাবিধ যৌগরূপে মাটির নীচে বা ভূ-পৃষ্ঠে পাথর বা শিলারূপে কঠিন অবস্থায় থাকে। এই প্রকৃতি-জাত পদার্থগুলিকে খনিজ বা খনিজ প্রস্তর বলে। যে সকল খনিজ হইতে অপেক্ষাকৃত সহজে এবং স্বল্পব্যয়ে ধাতু নিষ্কাশন করা হয় তাহাদিগকে উক্ত ধাতুর আকরিক বলে। প্রত্যেক ধাতুর এক বা একাধিক আকরিক আছে। হেমাটাইট (Fe_2O_3) ও ম্যাগনেটাইট (Fe_3O_4) আয়রণের আকরিক। জিঙ্ক ব্লেণ্ড (ZnS), গ্যালেনা (PbS), বক্সাইট ($Al_2O_3.2H_2O$) যথাক্রমে জিঙ্ক, লেড ও অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক।

(ii) **ধাতুবিদ্যা**—আকরিক হইতে ধাতু নিষ্কাশন করিবার বিজ্ঞান-সম্মত পদ্ধতিকে ধাতুবিদ্যা বলে। অর্থাৎ যে উপায়ে আকরিক হইতে ধাতু তৈরী করা হয় তাহাকে ধাতুবিদ্যা বলে।

(iii) **খনিজ মল**—খনিজ পাথরে মূল ধাতব যৌগের সহিত সর্বদা বালি, মাটি ও অন্যান্য অনেক অপ্রয়োজনীয় পদার্থ মিশ্রিত থাকে। ধাতব খনিজের এই সকল অপ্রয়োজনীয় অপদ্রব্যকে খনিজ মল বলে। খনিজ মলের প্রকৃতি ও পরিমাণ খনিজ পাথরের অবস্থান ও পারিপার্শ্বিক অবস্থার উপর নির্ভর করে।

(iv) **বিগালক ও ধাতুমল**—আকরিকের বিগলনের সময় কতকগুলি রাসায়নিক পদার্থ উহার সহিত মিশাইয়া চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে আকরিকস্থিত অপদ্রব্যগুলি সেই পদার্থের সহিত রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া সহজেই নূতন যৌগ গলিত অবস্থায় উৎপন্ন করে এবং চুল্লীর অভ্যন্তরে গলিত ধাতু হইতে পৃথক হইয়া পড়ে। এই নির্বাচিত রাসায়নিক পদার্থকে বিগালক বলে এবং বিগালক ও আকরিকস্থিত অপদ্রব্যগুলির রাসায়নিক সংযোগে উৎপন্ন গলিত পদার্থকে ধাতুমল বলে। গলিত ধাতুমল হাল্কা বলিয়া গলিত ধাতুর উপর ভাসিতে থাকে এবং বায়ু দ্বারা ধাতুর জারণ নিবারণ করে।

আকরিকে মিশ্রিত অপদ্রব্যের রাসায়নিক প্রকৃতি অনুযায়ী বিগালক নির্বাচন করিতে হয়। আকরিকের অম্ল-ধর্মী খনিজ মল (সিলিকা, SiO_2) অপসারণের জন্য ক্ষারকীয় বিগালক চুন এবং ক্ষারক-ধর্মী খনিজ-মল (CaO, FeO ইত্যাদি) দূরীকরণে অম্ল-ধর্মী বিগালক সিলিকা ব্যবহার করা হয়। আয়রণ নিষ্কাশনে বিগলন প্রক্রিয়ায় অম্ল-ধর্মী সিলিকা অপদ্রব্য দূর করিবার জন্য ক্ষারকীয় চুন বিগালকরূপে ব্যবহৃত হয় ; ফলে ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতুমল উৎপন্ন হয়। $CaO+SiO_2=CaSiO_3$. কিন্তু কপার নিষ্কাশনে বিগলন প্রক্রিয়ায় অম্ল-ধর্মী সিলিকা বিগালক যোগ করিয়া ক্ষারকীয় ফেরাস অক্সাইড অপদ্রব্য ফেরাস সিলিকেটরূপে দূরীভূত করা হয়। $FeO+SiO_2=FeSiO_3$.

প্রশ্ন : ২৭৩। সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—(ক) আকরিকের গাঢ়ীকরণ, (খ) ভস্মীকরণ, (গ) তাপ-জারণ বা ভর্জন (ঘ) বিগলন, (ঙ) ধাতুর পরিশোধন বা বিশোধন।

উত্তর : (ক) **গাঢ়ীকরণ**—প্রকৃতি-জাত প্রায় সমস্ত আকরিকে কম-বেশী খনিজ-মল থাকে। ধাতু নিষ্কাশনের পূর্বে আকরিকের সহিত মিশ্রিত এই সকল অপদ্রব্য যথাসম্ভব অপসারিত করিয়া আকরিকের অনুপাত বৃদ্ধি করিবার পদ্ধতিকে গাঢ়ীকরণ বলে। আকরিক ও অপদ্রব্যের প্রকৃতি অনুযায়ী গাঢ়ীকরণের বিভিন্ন পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়।

(i) **ধৌতকরণ**—বিচূর্ণ আকরিককে জলস্রোতে ধৌত করিলে বালি ও অন্যান্য হাল্‌কা খনিজ-মল জলের সঙ্গে ভাসিয়া অপসারিত হয় ; অবশিষ্ট ভারী অংশ থিতাইয়া পড়ে এবং ইহাতে আকরিকের অনুপাত অনেক বেশী হয়।

(ii) **তৈল-ভাসন পদ্ধতি**—এই বিশেষ পন্থায় কপার পাইরাইটিস ($CuFeS_2$), জিঙ্ক ব্লেণ্ড (ZnS), গ্যালেনা (PbS), প্রভৃতি সালফাইড আকরিককে বালি, মাটি প্রভৃতি অপদ্রব্য হইতে পৃথক করিয়া গাঢ় করা হয়। সূক্ষ্ম বিচূর্ণ আকরিককে জল, সামান্য অ্যাসিড, পাইন বা ইউক্যালিপ্টাস তেল এবং সোডিয়াম জ্যান্থেটের সহিত মিশাইয়া এই মিশ্রণের ভিতর দিয়া বুদ্‌বুদ আকারে প্রচুর বায়ু প্রবাহ দ্বারা আলোড়িত করা হয়। এইভাবে আকরিক তেল দ্বারা সিক্ত হইয়া ফেনার সহিত উপরে ভাসিয়া উঠে এবং বালি, মাটি প্রভৃতি খনিজ-মল জল দ্বারা সিক্ত হইয়া নীচে থিতাইয়া পড়ে। উপরের ফেনা পৃথক করিয়া বায়ু প্রবাহে শুষ্ক করিলে গাঢ়ীকৃত আকরিক পাওয়া যায়।

(iii) **চুম্বক দ্বারা পৃথকীকরণ**—কোন কোন ক্ষেত্রে শক্তিশালী চুম্বকের সাহায্যে চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি করিয়া আকরিক হইতে মিশ্রিত চুম্বকীয় অপদ্রব্যসমূহ পৃথক করা হয়। টিনের আকরিক টিন-স্টোন হইতে উলফ্রামাইট এইরূপে পৃথক করা হয়।

(খ) **ভস্মীকরণ**—আকরিককে না গলাইয়া বায়ুতে অপেক্ষাকৃত অল্প উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে আকরিক হইতে জলীয় বাষ্প, CO_2 প্রভৃতি উদ্বায়ী অপদ্রব্য অপসারিত হয়। ইহাকে ভস্মীকরণ বলে। এই প্রক্রিয়ায় আকরিক ধাতব অক্সাইডে পরিণত হয় এবং ফাঁপা ও সচ্ছিদ্র হয়। ইহা অক্সাইড ও কার্বনেট আকরিকের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। $2Fe_2O_3.3H_2O$ (হেমাটাইট) $\rightarrow 2Fe_2O_3+3H_2O$; $ZnCO_3$ (ক্যালামাইন) $\rightarrow ZnO+CO_2$.

(গ) **তাপ-জারণ** বা **ভর্জন**—আকরিককে না গলাইয়া পর্যাপ্ত বায়ু-প্রবাহে অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া জারিত করা হয়। ইহাকে তাপ-জারণ বা ভর্জন বলে। এই প্রক্রিয়ায় আকরিক হইতে জলীয় বাষ্প ও উদ্বায়ী অপদ্রব্য নির্গত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে ইহাও জারিত হইয়া অক্সাইড গঠন করে। ইহা সালফাইড আকরিকের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। $2ZnS$ (জিঙ্ক ব্লেণ্ড) $+3O_2=2ZnO+2SO_2$; $2PbS$ (গ্যালেনা) $+3O_2=2PbO+2SO_2$. অনেক সময় উষ্ণতা নিয়ন্ত্রিত করিয়া সালফাইড আকরিককে ধাতব সালফেটে পরিণত করা হয় : ZnS (জিঙ্ক ব্লেণ্ড) $+2O_2\rightarrow ZnSO_4$.

(ঘ) **বিগলন**—ভস্মীকৃত বা তাপ-জারিত আকরিককে (উৎপন্ন ধাতব অক্সাইডকে) কার্বন (কোক) ও উপযুক্ত বিগালকের সহিত মিশাইয়া চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে ধাতব অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হয় এবং উৎপন্ন ধাতু গলিত অবস্থায় চুল্লীর ভিতরে পৃথক হইয়া পড়ে। ইহাকে বিগলন বলে। আকরিকস্থিত অপদ্রব্যগুলি বিগালকের সহিত রাসায়নিক সংযোগে হাল্‌কা ধাতুমল উৎপন্ন করিয়া গলিত ধাতুর উপর ভাসিতে থাকে। পরে ধাতুমল ও গলিত ধাতু পৃথক করা হয়। $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$; $PbO+C=Pb+CO$. এই প্রক্রিয়ায় ধাতব অক্সাইডের বিজারণের ফলে ধাতু উৎপন্ন হয় বলিয়া ইহাকে বিজারণও বলা হয়।

(ঙ) **ধাতুর পরিশোধন** বা **বিশোধন**—আকরিক হইতে বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত ধাতু সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়। ইহাতে সচরাচর 97-98% ধাতু থাকে। তড়িৎ-বিজারণ দ্বারা উৎপন্ন ধাতু মোটামুটি (99·5%) বিশুদ্ধ হয়। নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ায় অবিশুদ্ধ ধাতুকে পরিশোধন করা হয়।

(i) **বায়ু দ্বারা জারণ**—অবিশুদ্ধ ধাতুকে চুল্লীতে গলাইয়া উহার ভিতর দিয়া বায়ু-প্রবাহ চালাইলে অশুদ্ধিগুলি অক্সাইডে জারিত হইয়া গলিত ধাতুর উপর গাদের মত ভাসিয়া উঠে এবং উদ্বায়ী অক্সাইডগুলি উবিয়া যায়। হাতার সাহায্যে গাদ অপসারিত করিলে বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যায়। এই প্রক্রিয়ায় কপার ও লেড পরিশোধন করা হয়।

(ii) **বিগলন প্রণালী**—যে সকল ধাতু সহজে গলে সেই সকল অবিশুদ্ধ ধাতুকে ঢালু চুল্লীবক্ষে উত্তপ্ত করিলে উহা প্রথমে গলিয়া যায় এবং বিশুদ্ধ ধাতু গলিত অবস্থায় ঢালু চুল্লীবক্ষ বাহিয়া নীচে সঞ্চিত হয়। উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট অশুদ্ধিগুলি কঠিন অবস্থায় উপরে থাকিয়া যায়। এই প্রক্রিয়ায় টিন পরিশোধন করা হয়।

(iii) **তড়িৎ-বিশোধন**—এই পদ্ধতিতে অতি বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যায়। অবিশুদ্ধ ধাতুকে উহার কোন উপযুক্ত লবণের দ্রবণের মধ্যে ডুবাইয়া অ্যানোডরূপে ব্যবহার করা হয় এবং ক্যাথোডরূপে সেই ধাতুর বিশুদ্ধ পাত দ্রবণে ডুবাইয়া রাখা হয়। অতঃপর দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে অতি বিশুদ্ধ ধাতু সঞ্চিত হয় এবং অ্যানোড হইতে সম-পরিমাণ সেই ধাতু দ্রবণে চলিয়া আসে ; অশুদ্ধিগুলি সাধারণতঃ দ্রবণে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে অথবা অধঃক্ষিপ্ত হইয়া অ্যানোড কাদারূপে তলায় জমে। অনেক ক্ষেত্রে এই অ্যানোড-কাদা হইতে বহুবিধ মূল্যবান ধাতু উদ্ধার করা হয়। এই পদ্ধতিতে কপার, জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম ও লেড পরিশোধন করা হয়।

প্রশ্ন : ২৭৪ (ক) আকরিক হইতে ধাতু নিষ্কাশনের মূলনীতি কি ? (খ) ধাতু নিষ্কাশনের বিভিন্ন বিজারণ পদ্ধতগুলি ব্যাখ্যাসহ বিবৃত কর। (গ) কি কি উপায়ে অবিশুদ্ধ ধাতু পরিশোধন করা হয় ?

উত্তর : (ক) গোল্ড, সিলভার, প্লাটিনাম প্রভৃতি ধাতু প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় ; এই সকল প্রকৃত-জাত আকরিকের সহিত বিভিন্ন অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। সেইজন্য মুক্ত অবস্থায় প্রাপ্ত ধাতব আকরিকগুলিকে শুধুমাত্র শোধন করিয়া ধাতু নিষ্কাশন করা হয়।

অন্যান্য ধাতুগুলি প্রকৃতিতে প্রধানতঃ অক্সাইড, কার্বনেট, সালফাইড, ক্লোরাইড, সিলিকেট প্রভৃতি যৌগরূপে আকরিকে অবস্থান করে। সিলিকেট আকরিক হইতে সাধারণভাবে ধাতু নিষ্কাশন করা হয় না ; অন্যান্য আকরিক হইতে বিজারণ পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশন করা হয়। ধাতুর রাসায়নিক ধর্ম ও আকরিকের প্রকৃতি অনুযায়ী ধাতু নিষ্কাশনে বিভিন্ন বিজারণ পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়।

(খ) (১) **কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি**—এই পদ্ধতিতে ধাতব অক্সাইডকে (ভস্মীকৃত বা তাপ-জারিত দ্বারা প্রাপ্ত) কার্বনের সহিত মিশাইয়া চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়। ধাতব অক্সাইডগুলি উত্তপ্ত অবস্থায় কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়। এই বিজারণ কার্যে সচরাচর কোক ব্যবহৃত হইয়া থাকে। জিঙ্ক, লেড, আয়রণ প্রভৃতি ধাতু এই পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয়।

$ZnO+C=Zn+CO$; $PbO+C=Pb+CO$; $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$

(২) **স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি**—কোন কোন ধাতুর সালফাইড আকরিককে চুল্লীতে সীমিত বায়ুপ্রবাহে তাপ-জারিত করিলে ইহা আংশিকভাবে অক্সাইডে পরিণত হয়। আবার কোন কোন ক্ষেত্রে তাপ-জারণের ফলে সালফাইড আকরিক অংশতঃ অক্সাইড ও সালফেটের মিশ্রণ উৎপন্ন করে। অবশিষ্ট সালফাইড অপরিবর্তিত থাকে। অতঃপর উহাদের অধিক উষ্ণতায় বিগলিত করিলে উৎপন্ন অক্সাইড ও সালফেট অপতিবর্তিত সালফাইড দ্বারা ধাতুতে বিজারিত হয়। ইহাতে বাহির হইতে কোন বিজারক পদার্থ যোগ করা হয় না, অপরিবর্তিত সালফাইড নিজেই বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করে। ইহাকে স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি বলে। কপার ও অনেক সময় লেড এই পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয়।

$2Cu_2S+3O_2=3Cu_2O+2SO_2$; $2Cu_2O+Cu_2S=6Cu+SO_2$

$2PbS+3O_2=2PbO+2SO_2$; $2PbO+PbS=3Pb+2SO_2$

$PbS+2O_2=PbSO_4$; $PbSO_4+PbS=2Pb+2SO_2$

(৩) **তড়িৎ-বিজারণ** (বা **তড়িৎ-বিশ্লেষণ**) **পদ্ধতি**—অত্যধিক তড়িৎ-ধনাত্মক ক্ষার ও মৃৎক্ষার ধাতু যথা সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি এই পদ্ধতির সাহায্যে নিষ্কাশন করা হয়। গলিত অবস্থায় ধাতব ক্লোরাইডের ভিতর দিয়া উপযুক্ত তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে উহারা প্রথমে আয়নে বিয়োজিত হয়, পরে ধাতব ক্যাটায়ন ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিজারণের ফলে মুক্ত ধাতু উৎপন্ন করে এবং অ্যানোড হইতে ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়। ধাতব ক্লোরাইড-গুলির গলনাঙ্ক খুব বেশী বলিয়া অন্য পদার্থ মিশাইয়া উহাদের গলনাঙ্ক হ্রাস করা হয়।

বিয়োজন ক্যাথোড অ্যানোড

$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$; $Na^+ + e = Na$; $Cl^- - e = Cl,\ 2Cl = Cl_2$

$MgCl_2 \rightleftharpoons Mg^{++} + 2Cl^-$; $Mg^{++} + 2e = Mg$; $Cl^- - e = Cl,\ 2Cl = Cl_2$

(৪) **থারমিট পদ্ধতি**—কোন কোন ক্ষেত্রে ধাতব অক্সাইডকে অপেক্ষাকৃত সক্রিয় ধাতু অ্যালুমিনিয়াম দ্বারা বিজারিত করিয়া ধাতু নিষ্কাশন করা হয়। MnO_2

বা Cr_2O_3-কে অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের সহিত মিশাইয়া বিক্রিয়া ঘটাইলে প্রচুর তাপ উদ্ভূত হয় এবং বিজারণের ফলে ম্যাঙ্গানিজ বা ক্রোমিয়াম ধাতু গলিত অবস্থায় উৎপন্ন হয়। ইহাকে থারমিট পদ্ধতি বলে।

$$3MnO_2+4Al=3Mn+2Al_2O_3\ ;\ Cr_2O_3+2Al=2Cr+Al_2O_3$$

(খ) **সিক্ত পদ্ধতি**—ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা অথবা ঐ দ্রবণে অধিকতর পরা-তড়িৎধর্মী অপর কোন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপন করিয়া ধাতু নিষ্কাশন করা যায়। জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিক তাপ-জারণ প্রক্রিয়ায় জিঙ্ক সালফেটে পরিণত করিয়া উহাকে লঘু H_2SO_4-এ দ্রাবিত করিলে $ZnSO_4$ দ্রবণ পাওয়া যায়। দ্রবণকে বিশুদ্ধ করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে বিশুদ্ধ জিঙ্ক উৎপন্ন হয়। জিঙ্ক ও কপার এই উপায়ে নিষ্কাশন করা হয়। অপরদিকে, কপারের সালফাইড আকরিককে সাবধানে কপার সালফেটে পরিণত করিয়া ইহার জলীয় দ্রবণে লৌহ-চূর্ণ যোগ করিলে ধাতব কপার অধঃক্ষিপ্ত হয়: $CuSO_4+Fe=Cu+FeSO_4$. কপার, সিলভার ও গোল্ড এই প্রক্রিয়ায় নিষ্কাশন করা হয়।

(গ) ২৭৩ (ঙ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ২৭৫। অক্সাইড, কার্বনেট বা সালফাইড আকরিক হইতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশনের মূলনীতি সমীকরণসহ উল্লেখ কর।

উত্তর : কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে অক্সাইড, কার্বনেট বা সালফাইড আকরিক হইতে ধাতু নিষ্কাশিত করিতে সাধারণতঃ চূর্ণীকরণ, গাঢ়ীকরণ, ভস্মীকরণ বা তাপ-জারণ এবং বিগলন (বা বিজারণ) এই চারিটি প্রক্রিয়া সম্পাদন করিতে হয়। আয়রণ নিষ্কাশনে আকরিকের গাঢ়ীকরণের প্রয়োজন হয় না কারণ ইহাতে আয়রণের পরিমাণ প্রথমাবস্থায়ই বেশী থাকে।

অক্সাইড, কার্বনেট বা সালফাইড আকরিকের বড় বড় পাথরগুলিকে চূর্ণীকরণ প্রক্রিয়ায় সূক্ষ্ম কণায় পরিণত করা হয়। অতঃপর তৈল-ভাসন বা ধৌতকরণ প্রক্রিয়ায় ইহা হইতে অধিকাংশ বালি ও অন্যান্য অপদ্রব্য অপসারিত করিলে গাঢ় আকরিক পাওয়া যায়।

গাঢ়ীকৃত অক্সাইড বা কার্বনেট আকরিককে ভস্মীকরণ প্রক্রিয়ায় এবং সালফাইড আকরিককে তাপ-জারণ প্রক্রিয়ায় অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হয়। $M_2O_3.xH_2O=M_2O_3+xH_2O$; $MCO_3=MO+CO_2$; $2MS+3O_2=2MO+2SO_2$. অতঃপর উহার সহিত কোক এবং উপযুক্ত বিগালক মিশাইয়া চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে কোক (কার্বন) ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে। $MO+C=M+CO$. বিগালক আকরিকস্থিত অপদ্রব্যের সহিত মিশিয়া ধাতুমল সৃষ্টি করে এবং উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস চুল্লীর নিষ্ক্রমণ পথ দিয়া বাহির হইয়া যায়। চুল্লীর অভ্যন্তরে অত্যধিক উষ্ণতায় গলিত ধাতুর স্তরের উপর হাল্কা ধাতুমলের স্তর সৃষ্টি হয়; ফলে উৎপন্ন ধাতু চুল্লীতে পুনরায় বায়ু দ্বারা জারিত হইতে পারে না। উপর হইতে ধাতুমলের স্তর সরাইয়া পরে গলিত ধাতু বাহির করা হয়।

প্রশ্ন : ২৭৬। (ক) খনিজ এবং আকরিক; (খ) ভস্মীকরণ এবং তাপ-জারণ ; (গ) খনিজ মল এবং ধাতুমল ; (ঘ) কার্বন বিজারণ পদ্ধতি এবং স্বতঃ বিজারণ পদ্ধতির মধ্যে পার্থক্য দেখাও।

উত্তর : (ক) **খনিজ** এবং **আকরিক**—২৭২ (i) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। পরে লিখ—খনিজমাত্রই আকরিক নয়; যেমন আয়রণ পাইরাইটিস খনিজ হইলেও ইহা হইতে আয়রণ নিষ্কাশন জটিল ও ব্যয়সাধ্য। সেইজন্য ইহা আয়রণের আকরিক হিসাবে গণ্য হয় না।

(খ) **ভস্মীকরণ** এবং **তাপ-জারণ**—২৭৩ নং প্রশ্নোত্তরের খ ও গ অংশ দেখ। পরে লিখ—ভস্মীকরণে আকরিক হইতে শুধুমাত্র উদ্বায়ী অপদ্রব্য অপসারিত হইয়া ধাতব অক্সাইড গঠন করে কিন্তু তাপ-জারণে উদ্বায়ী অপদ্রব্য দূরীভূত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে জারণের ফলে ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অধিকন্তু ভস্মীকরণ অপেক্ষা তাপ-জারণ প্রক্রিয়ায় অধিকতর উষ্ণতা ও বেশী বায়ু-প্রবাহের প্রয়োজন হয়।

(গ) **খনিজ মল** এবং **ধাতুমল**—২৭২ নং প্রশ্নোত্তরের (iii) ও (iv) অংশ দেখ। পরে লিখ—আকরিকের সহিত মিশ্রিত অপদ্রব্যগুলিকে খনিজ মল বলে কিন্তু এই অপদ্রব্যগুলিই উপযুক্ত বিগালকের সংমিশ্রণে চুল্লীতে ধাতুমল সৃষ্টি করিয়া গলিত অবস্থায় ধাতুর উপর ভাসিয়া থাকিয়া পৃথক হইয়া পড়ে।

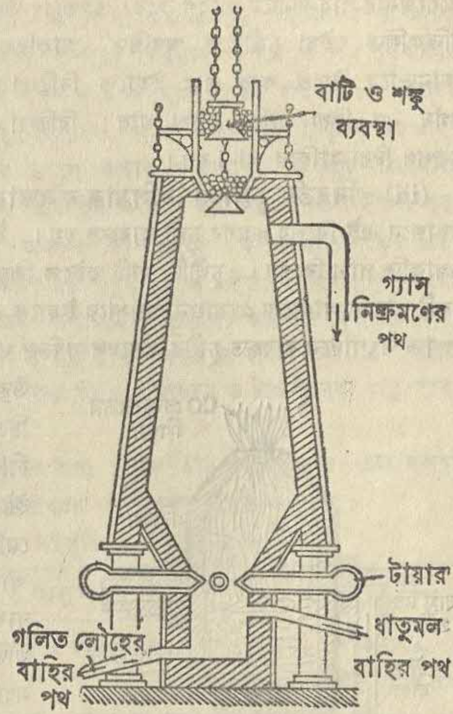
(ঘ) **কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি** এবং **স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি**—২৭৪ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (১) ও (২) অংশ দেখ। পরে লিখ—কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে বিগলন প্রক্রিয়ায় কার্বন বিজারক হিসাবে কাজ করে এবং ইহা ধাতব অক্সাইড ও বিগালকের সহিত চুল্লীতে যোগ করা হয়। কিন্তু স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতিতে বাহির হইতে কোন বিজারক দ্রব্য চুল্লীতে যোগ করা হয় না; আকরিকস্থিত সালফাইড যৌগ এই বিজারণ-ক্রিয়া সম্পূর্ণ করে।

প্রশ্ন : ২৭৭। (ক) ধাতু নিষ্কাশনে সচরাচর কোন্ কোন্ চুল্লী ব্যবহৃত হয়? (খ) (i) মারুত চুল্লী, (ii) পরাবর্ত চুল্লী, ও (iii) বিবর্তক চুল্লীর সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। উহাদের কার্য-প্রণালী উল্লেখ কর।

উত্তর (ক) ধাতু নিষ্কাশনে তাপ-জারণ, বিগলন প্রভৃতি প্রক্রিয়ায় নানা ধরণের চুল্লী ব্যবহৃত হয়। ইহাদের মধ্যে মারুত চুল্লী বা ব্লাস্ট ফার্নেস ও পরাবর্ত চুল্লী বিশেষ উল্লেখ-যোগ্য। কপার নিষ্কাশন ও ইস্পাত প্রস্তুতিতে বিবর্তক চুল্লী বা বিসিমার কনভারটার ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া ক্ষেত্রবিশেষে বৈদ্যুতিক চুল্লীও ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

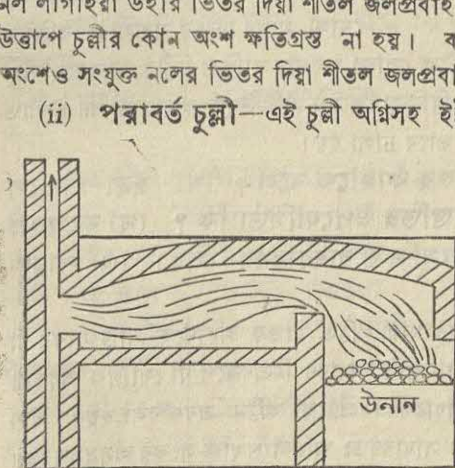
(খ) (i) **মারুত চুল্লী বা ব্লাস্ট ফার্নেস**—মারুত চুল্লী দেখিতে অনেকটা চিমনীর মত। ইহা প্রায় 75—120 ফুট উচ্চ এবং 15—24 ফুট ব্যাস বিশিষ্ট। এই চুল্লীর বহিভাগ পুরু ইস্পাতের চাদর মোড়ানো এবং ইহার ভিতরের দিকে অগ্নিসহ মৃত্তিকার খুব পুরু একটি আস্তরণ থাকে। চুল্লীর সমস্ত অংশ সমান চওড়া নয়; ইহা উপর হইতে নীচের দিকে ক্রমশঃ বেশী চওড়া হইয়া দুই-তৃতীয়াংশ নামিয়া আসে। চুল্লীর এই সর্বাপেক্ষা চওড়া অংশকে 'বস্' বলে। বস্ হইতে চুল্লীটি নীচের দিকে ক্রমশঃ সরু হইয়া তলদেশে চুল্লীবক্ষে পরিণত হয়। চুল্লীবক্ষটি প্রায় 10 ফুট উচ্চ এবং প্রায় 10—12 ফুট চওড়া; এখানে নীচের স্তরে গলিত ধাতু ও উহার উপরের স্তরে গলিত

ধাতুমল সঞ্চিত হয়। চুল্লীবক্ষে বিভিন্ন উচ্চতায় অবস্থিত দুইটি ছিদ্রপথে উহাদের বাহির করা হয়, নচেৎ উহারা বন্ধ থাকে। চুল্লীবক্ষের ঠিক উপরে চুল্লীর চতুর্দিকে কয়েকটি মোটা নল সংযুক্ত থাকে; এই নলগুলিকে 'টায়ার' বলে। ইহাদের মধ্য দিয়া উচ্চ চাপে উত্তপ্ত ও শুষ্ক বায়ু চুল্লীর অভ্যন্তরে চালিত করা হয়। চুল্লীর উপরের খোলা মুখে বাটি ও শঙ্কু নামক একটি বিশেষ অর্গল ব্যবস্থা থাকে। ইহার সাহায্যে চুল্লীর ভিতরে আকরিক, কোক ও বিগালকের মিশ্রণ দেওয়ার সময় অভ্যন্তরস্থ তপ্ত গ্যাস এই পথে বাহির হইতে পারে না। ইহার ঠিক নীচে একটি নির্গম-নল থাকে; ইহার ভিতর দিয়া চুল্লীর গ্যাস বাহির হইয়া যায়। অনেক সময় বস্ হইতে আরম্ভ করিয়া চুল্লীর নীচের অংশের চারিদিকে নল লাগাইয়া উহার ভিতর দিয়া শীতল জলপ্রবাহ দ্বারা ঠাণ্ডা রাখা হয়, যাহাতে প্রচণ্ড উত্তাপে চুল্লীর কোন অংশ ক্ষতিগ্রস্ত না হয়। কপার ও লেড নিষ্কাশনে চুল্লীর উপরের অংশেও সংযুক্ত নলের ভিতর দিয়া শীতল জলপ্রবাহ দ্বারা উহাকে ঠাণ্ডা রাখা হয়।



চিত্র ৪৮

(*ii*) **পরাবর্ত চুল্লী**—এই চুল্লী অগ্নিসহ ইষ্টক নির্মিত; ইহার চারিদিক প্রাচীর দিয়া ঘেরা এবং উপরিভাগ খিলানের মত তৈরী। ইহার মাঝখানে চুল্লীবক্ষ অবস্থিত এবং উহা অগভীর থাকে। এই চুল্লীবক্ষে আকরিক, বিজারক দ্রব্য কোক ও উপযুক্ত বিগালকের মিশ্রণ রাখা হয়। চুল্লীবক্ষের সংলগ্ন এক পাশে উনান থাকে এবং উহার উল্টোদিকে গ্যাস নিষ্ক্রমণের জন্য একটি পথ আছে। উনানে কয়লা বা গ্যাসীয়



চিত্র ৪৯

জ্বালানী পোড়ান হয়; উনানের নীচে অবস্থিত লোহার ঝাঁঝরা দিয়া দহনের জন্য প্রয়োজনীয় বায়ু উনানে প্রবেশ করে। এইভাবে উৎপন্ন অগ্নিশিখা ও উত্তপ্ত গ্যাস খিলানে প্রতিফলিত হইয়া চুল্লীবক্ষে অবস্থিত আকরিক, কোক ও বিগালকের মিশ্রণকে সমানভাবে উত্তপ্ত করে এবং ইহাতে বিক্রিয়া সুসম্পন্ন হয়। চুল্লীর ভিতরের গ্যাস নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। বিক্রিয়া শেষে চুল্লীবক্ষে উৎপন্ন গলিত ধাতুকে ছিদ্রপথ দিয়া বাহিরে আনা হয়।

(iii) **বিবর্তক চুল্লী** বা **বিসিমার কনভার্টার**—ইস্পাত উৎপাদনে ও কপার নিষ্কাশনে এই বিশেষ ধরণের চুল্লী ব্যবহৃত হয়। ইহা ইস্পাত বা পেটা লোহার তৈরী ডিম্বাকৃতি পাত্র বিশেষ। চুল্লীটি মাটি হইতে কিছু উপরে ঝোলান অবস্থায় থাকে এবং একটি চাকার সাহায্যে প্রয়োজন অনুসারে ইহাকে সোজা, কাত বা উপুড় করা হয়। ইস্পাত উৎপাদনে ব্যবহৃত চুল্লীর তলদেশ সচ্ছিদ্র থাকে এবং পার্শ্বস্থিত একটি নল বাহিয়া উত্তপ্ত বায়ু প্রবল ধারায় এই সকল সরু ছিদ্রপথে চুল্লীর অভ্যন্তরে প্রবেশ করিয়া বিক্রিয়া ঘটায়। চুল্লীর অভ্যন্তরে সিলিকা ইষ্টকের আম্লিক আস্তরণ অথবা ম্যাগনেসিয়া ও চুনের মিলিত ক্ষারকীয় আস্তরণ দেওয়া থাকে। কপার নিষ্কাশনে ব্যবহৃত চুল্লীর অভ্যন্তরে অগ্নিসহ মৃত্তিকার আস্তরণ থাকে এবং চুল্লীর মধ্যস্থলে অবস্থিত একটি নলের সাহায্যে উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহ চালনা করা হয়। প্রথমে চুল্লীটি অনুভূমিক অবস্থায় রাখিয়া খোলা মুখের ভিতর সরাসরি বিক্রিয়ক পদার্থ যোগ করা হয়। অতঃপর চুল্লীটিকে সোজা অবস্থায় রাখিয়া চুল্লীর অভ্যন্তরে বায়ু-প্রবাহ চালাইয়া বিক্রিয়া ঘটান হয়। বিক্রিয়া শেষে চুল্লীটি উপুড় করিয়া উৎপন্ন ইস্পাত বা ধাতব কপার এবং ধাতুমল আলাদাভাবে ঢালা হয়।



চিত্র ৫০

প্রশ্ন : ২৭৮। (ক) ধাতু-সংকর কাহাকে বলে? (খ) ইহা কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? (গ) ইহার প্রস্তুতির উপযোগিতা কি? (ঘ) কয়েকটি সাধারণ ধাতু-সংকরের নাম সংযুক্তি ও ব্যবহারসহ লিখ। (ঙ) পারদ-সংকর ও সংকর ইস্পাত কি?

উত্তর (ক) দুই বা ততোধিক ধাতু দ্বারা গঠিত ধাতব পদার্থকে ধাতু-সংকর বা মিশ্র ধাতু বলে। ইহাতে ধাতব উপাদানগুলি সাধারণ মিশ্রণরূপে বা যৌগিক অবস্থায় অথবা উভয় রূপেই থাকিতে পারে; সাধারণ মিশ্রণকে কঠিন দ্রবণ বলা হয়। ইহা সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব দুই-ই হইতে পারে। সাধারণতঃ অধিকাংশ ধাতু-সংকর অসমসত্ত্ব হয়।

(খ) **প্রস্তুতি**—বিভিন্ন বিক্রিয়ায় ধাতু সংকর প্রস্তুত করা যায়। (১) প্রয়োজনীয় অনুপাতে উপাদান ধাতুগুলিকে একত্রে গলাইয়া গলিত পদার্থকে ঠাণ্ডা করিয়া অথবা

ধাতুগুলিকে পৃথকভাবে গলাইয়া গলিত অবস্থায় উহাদের মিশাইবার পর ঠাণ্ডা করিয়া সাধারণতঃ ধাতু-সংকর প্রস্তুত করা হয়। কপার ও জিঙ্ক একত্রে গলাইয়া ঠাণ্ডা করিলে পিতল (ব্রাস) উৎপন্ন হয়। আবার উপযুক্ত পরিমাণ কপার ও টিন পৃথকভাবে গলাইবার পর উহাদের মিশ্রিত করিয়া শীতল করিলে ব্রোঞ্জ পাওয়া যায়। (২) উপাদান ধাতুগুলির লবণের মিশ্র দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া কতকগুলি ধাতু-সংকর প্রস্তুত করা হয়। পটাসিয়াম সায়ানাইডের দ্রবণে কপার সায়ানাইড ও জিঙ্ক সায়ানাইড দ্রবীভূত করিয়া উহার মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে পিতল উৎপন্ন হয়। (iii) বিভিন্ন ধাতুর সূক্ষ্ম চূর্ণের মিশ্রণে অত্যধিক চাপ প্রয়োগ করিয়া ধাতু-সংকর প্রস্তুত করা হয়। লেড, টিন, বিসমাথ ও ক্যাডমিয়াম চূর্ণ হইতে এইভাবে উডের ধাতু-সংকর পাওয়া যায়। (iv) নির্দিষ্ট অনুপাতের উপাদান ধাতুগুলির অক্সাইড মিশ্রণকে কার্বন দ্বারা বিজারিত করিয়া বা কোন ধাতুর উপস্থিতিতে অপরাপর ধাতব যৌগের বিজারণ দ্বারা কোন কোন ধাতু-সংকর প্রস্তুত করা হয়। আয়রন ও টাংস্টেনের ধাতু-সংকর এই উপায়ে প্রস্তুত করা হয়।

(গ) ধাতুর দৃঢ়তা ও প্রসার্যতা বৃদ্ধির জন্য, উত্তম ছাঁচ তৈরার জন্য এবং জলবায়ু দ্বারা ক্ষয় ও জারণ নিবারণের জন্য নানাপ্রকার ধাতু-সংকর প্রস্তুত করা হয়।

(ঘ) **কয়েকটি ধাতু-সংকরের সংযুতি ও ব্যবহার—**

নাম	উপাদান ও অনুপাত	ব্যবহার
(১) পিতল বা ব্রাস	Cu 60~80%, Zn 40~20%	পাত, নল, বাসনপত্র, মূর্তি, যন্ত্রাংশ ও ঢালাই দ্রব্যাদি প্রস্তুতে।
(২) ব্রোঞ্জ	Cu 75~90%, Sn 25~10%	মূর্তি, মুদ্রা, মেডেল ও অলঙ্কার নির্মাণে।
(৩) জার্মান সিলভার	Cu 50%, Zn 30%, Ni 20%	বাসনপত্র, ফুলদানি, প্লেট প্রভৃতি প্রস্তুতে এবং চারুশিল্পে।
(৪) ম্যাগনেলিয়াম	Al 98%, Mg 2%	যানবাহন, হাল্কা যন্ত্রপাতি ও তুলাদণ্ড নির্মাণে।
(৫) ডুরালুমিন	Ai 95%, Cu 4%, Mg 0·5%, Mn 0·5%	বিমানের বিভিন্ন অংশ, ট্রাক ও রেলগাড়ীর কাঠামো প্রস্তুতে।
(৬) টাইপ মেটাল	Pb 60%, Sb 30%, Sn 10%	ছাপার অক্ষর নির্মাণে।
(৭) রাং ঝাল	Pb 50%, Sn 50%	ঝালাই কাজে।
(৮) মরিচাহীন ইস্পাত	Cr 10~15%, বাকী আয়রণ	অস্ত্রোপচারের যন্ত্রপাতি ও বাসন-পত্র নির্মাণে।
(৯) মোনেল ধাতু	Cu 28%, Ni 67%, Fe-Mn 5%	রাসায়নিক শিল্পে এবং পাম্প, বয়লার ও জাহাজের টারবাইন নির্মাণে।
(১০) অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ	Cu 90%, Al 10%	স্থাপত্য, ফটোর ফ্রেম, মুদ্রা ও রং প্রস্তুতে।

(ঙ) **পারদ সংকর**—একাধিক ধাতু দ্বারা গঠিত ধাতু-সংকরের একটি ধাতু পারদ হইলে তাহাকে পারদ-সংকর বা অ্যামালগাম বলে। বিভিন্ন পারদ-সংকরের বিভিন্ন গুণ থাকে। রূপার পারদ-সংকর দাঁতের মধ্যেকার গর্ত বন্ধ করিতে, টিনের পারদ-সংকর দর্পণের কাচ প্রলেপনে এবং সোডিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামে পারদ-সংকর রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়।

সংকর ইস্পাত—সাধারণ ইস্পাতের সহিত সামান্য পরিমাণে ক্রোমিয়াম, নিকেল, ম্যাঙ্গানিজ, টাংস্টেন. সিলিকন প্রভৃতি পৃথকভাবে মিশাইলে বিভিন্ন গুণসম্পন্ন ইস্পাত পাওয়া যায়। ইহাদিগকে সংকর ইস্পাত বা alloy steel বলে। **মরিচাহীন স্টীল**—ইহাতে 10–15% ক্রোমিয়াম থাকে। ইহা ক্ষয় ও মরিচা নিবারণ করে। অস্ত্রোপচারের ছুরি, কাঁচি ইত্যাদি ও বাসনপত্র নির্মাণে ইহা ব্যবহৃত হয়। **নিকেল স্টীল**—ইহাতে 3·25% নিকেল থাকে। ইহা খুব শক্ত ও প্রসার্যশীল। পুল, বাড়ী ইত্যাদির গঠন-কার্যে ইহা ব্যবহৃত হয়। **ম্যাঙ্গানিজ স্টীল**—ইহাতে 12-13% ম্যাঙ্গানিজ থাকে। ইহা খুব শক্ত, ঘাতসহ ও ক্ষয়রোধী। ইহা রেল লাইন, সিন্দুক ও পাথর ভাঙ্গিবার যন্ত্রপাতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ২৭৯। (ক) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, (খ) সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে কিরূপে সোডিয়াম নিষ্কাশিত করা হয়। (গ) সোডিয়ামের প্রধান ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড হইতে (কাছনার পদ্ধতি) : **নীতি**—অনার্দ্র গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের (NaOH) তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া সোডিয়াম নিষ্কাশিত করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে সোডিয়াম ও হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$; ক্যাথোডে : $Na^+ + e = Na$.

অ্যানোডে : $OH^- - e = OH$; $4OH = 2H_2O + O_2$.

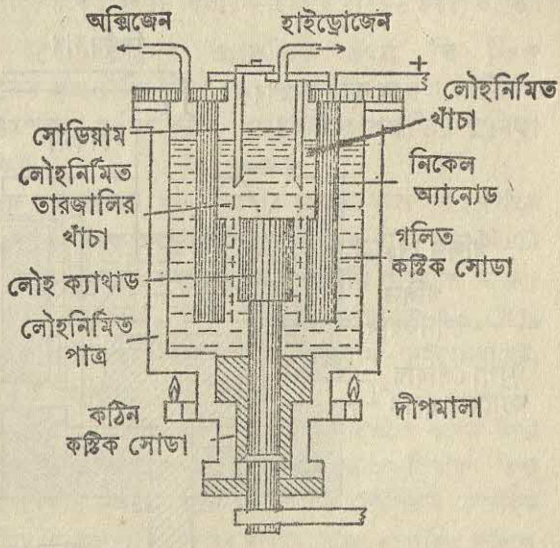
অ্যানোডে উৎপন্ন জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বারা ক্যাথোডে হাইড্রোজেন ও অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় : $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$.

ক্যাথোডে : $H^+ + e = H$; $2H = H_2$.

অ্যানোডে : $OH^- - e = OH$; $4OH = 2H_2O + O_2$.

কার্য-প্রণালী—একটি লৌহনির্মিত আয়তাকার পাত্রে অনার্দ্র কষ্টিক সোডা রাখিয়া নীচে অবস্থিত দীপমালার সাহায্যে গলাইয়া উষ্ণতা 320°-330°C রাখা হয় (কষ্টিক সোডার গলনাঙ্ক 318°C)। পাত্রের নীচের অংশটি অপেক্ষাকৃত সরু নলাকৃতি বিশিষ্ট ; ইহার ভিতর দিয়া একটি লোহার ক্যাথোড দণ্ড পাত্রের মধ্যস্থল পর্যন্ত প্রবেশ করে। সরু অংশে গলিত কষ্টিক সোডা শীতল হইয়া জমিয়া যায় এবং ক্যাথোড দণ্ডটিকে স্থিরভাবে উলম্ব অবস্থায় রাখে। ক্যাথোডকে বেস্টন করিয়া উহার কিছুদূরে একটি ফাঁপা নিকেলের চোঙ ঝুলান থাকে এবং ইহা অ্যানোড রূপে কাজ করে। অ্যানোড চোঙটি পাত্রের অন্যান্য অংশ হইতে অন্তরিত অবস্থায় থাকে।

ক্যাথোডের একটু উপরে গোলাকার এবং নীচের দিকে খোলা একটি লৌহ-নির্মিত খাঁচা থাকে ; ইহার উপরের দিকে গ্যাস নির্গমনের একটি নল আছে। খাঁচাটির নিম্ন প্রান্ত হইতে একটি লোহার তারজালি ঝুলাইয়া ক্যাথোড হইতে অ্যানোডকে পৃথক রাখা হয় ; ইহাতে ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়াম অ্যানোডের দিকে যাইতে পারে না। সম্পূর্ণ ক্যাথোড এবং অ্যানোডের অধিকাংশ গলিত কষ্টিক সোডায় নিমজ্জিত থাকে। অতঃপর অ্যানোড ও ক্যাথোড যথারীতি ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া গলিত কষ্টিক সোডার ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করা হয়। কষ্টিক সোডা বিয়োজিত হইয়া ক্যাথোডে গলিত সোডিয়াম ধাতুরূপে মুক্ত হয় এবং ইহা গলিত কষ্টিক সোডা অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া উপরে ভাসিয়া উঠে ও লোহার খাঁচার ভিতরে জমা হয়। সেই সঙ্গে ক্যাথোডে উৎপন্ন হাইড্রোজেন একই পাত্রে সঞ্চিত হইয়া নির্গম-দ্বার দিয়া বাহির হয়। সোডিয়াম সর্বদাই হাইড্রোজেন গ্যাসে আবৃত থাকে বলিয়া বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না। অ্যানোডে উৎপন্ন অক্সিজেন একটি নির্গম-দ্বার দিয়া নিষ্ক্রান্ত হয়। সোডিয়াম যথেষ্ট পরিমাণে জমা হইলে ঝাঁঝরা হাতার সাহায্যে মাঝে মাঝে তুলিয়া কেরোসিনের মধ্যে রাখা হয়।



চিত্র ৫১

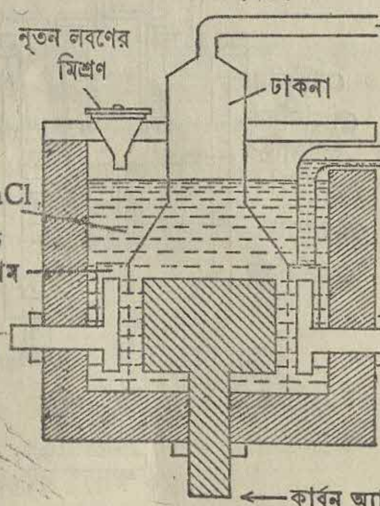
(খ) **সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে (ডাউন্‌স্ পদ্ধতি) : নীতি**—গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালাইলে ইহা বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্যাথোডে সোডিয়াম এবং অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন করে। সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক অধিক (815°C) বলিয়া ইহার সহিত পরিমাণ মত অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশাইয়া গলনাঙ্ক কমান (600°C) হয়।

$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$; ক্যাথোডে : $Na^+ + e = Na$.

অ্যানোডে : $Cl^- + e = Cl$; $2Cl = Cl_2$.

কার্য-প্রণালী—চারি ভাগ সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত এক ভাগ অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশাইয়া মিশ্রণটিকে একটি অগ্নিসহ ইষ্টকের আস্তরণ দেওয়া লোহার পাত্রে লওয়া হয়। প্রথমে উত্তাপ প্রয়োগে মিশ্রণটিকে গলান হয় (600°C),

পরে তড়িৎ প্রবাহের ফলে উহা সর্বদাই গলিত অবস্থায় থাকে। একটি প্রশস্ত গ্রাফাইট কার্বন দণ্ড পাত্রের তলদেশ দিয়া প্রবেশ করিয়া মধ্যস্থলে উলম্বভাবে দণ্ডায়মান থাকে; ইহা অ্যানোডরূপে কাজ করে। অ্যানোডের ঠিক উপরে পোর্সিলেনের তৈরী একটি বড়



চিত্র ৫২

গম্বুজাকৃতি ঢাকনা থাকে; ইহার ভিতর বিশ্লেষণের ফলে অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন সঞ্চিত হইয়া পরিশেষে একটি নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। অ্যানোডকে বেষ্টন করিয়া উহার কিছু দূরে একটি ফাঁপা লোহার চোঙ পাত্রের অভ্যন্তরে ক্যাথোড হিসাবে সংযুক্ত থাকে। সমস্ত ক্যাথোডের উপরের অংশটুকু অপর একটি ঢাকনা দ্বারা আবৃত রাখা হয়; একটি সাইফন-নলের সাহায্যে এই ঢাকনার সহিত বাহিরের কেরোসিন-পূর্ণ একটি পাত্রের সংযোগ থাকে। ক্যাথোড ও অ্যানোডের মধ্যে একটি লোহার তারজালি রাখিয়া উহাদের পৃথক করা হয়; ইহাতে উৎপন্ন সোডিয়াম ক্যাথোড হইতে সহজে অ্যানোডের দিকে যাইতে পারে না। অ্যানোড ও ক্যাথোড যথারীতি ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া গলিত মিশ্রণের মধ্য দিয়া উপযুক্ত তড়িৎ-চাপে তড়িৎ-প্রবাহ চালাইলে শুধুমাত্র সোডিয়াম ক্লোরাইড বিয়োজিত হইয়া ক্যাথোডে সোডিয়াম ও অ্যানোডে ক্লোরিন মুক্ত করে। হাল্‌কা সোডিয়াম গলিত মিশ্রণের উপর ভাসিয়া উঠে এবং ক্যাথোডের উপরিস্থিত ঢাকনার নীচে সঞ্চিত হয়; যথেষ্ট পরিমাণে জমা হইলে সোডিয়াম নিজ হইতেই সংযুক্ত সাইফন-নলের সাহায্যে বাহিরে অবস্থিত কেরোসিন-পূর্ণ পাত্রে চলিয়া যায়। অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন পোর্সিলেনের ঢাকনার ভিতর দিয়া নির্গম-পথে বাহির হইয়া যায়।

(গ) **ব্যবহার**—সোডিয়াম (১) সোডিয়াম পার-অক্সাইড. সোডিয়াম সায়ানাইড, সোডামাইড প্রভৃতির পণ্য উৎপাদনে, (২) পরীক্ষাগারে জৈব যৌগে বিদ্যমান মৌল

নিরূপণ করিতে, (৩) নানাবিধ রঙ, ঔষধ ও সুগন্ধি দ্রব্য প্রস্তুতিতে, (৪) কৃত্রিম নীল ও রবার উৎপাদনে এবং (৫) পটাসিয়ামের সহিত মিশ্রণে উৎপন্ন ধাতু-সংকর থার্মোমিটারে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়ামের পারদ-সংকর উৎকৃষ্ট বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন : ২৮০। (ক) সোডিয়ামের প্রাকৃতিক উৎস কি কি? (খ) সোডিয়াম নিষ্কাশনের মূলনীতি কি? (গ) কাছনার অথবা ডাউনস্ পদ্ধতিতে সোডিয়াম উৎপাদন বর্ণনা কর। (ঘ) উভয় পদ্ধতির সুবিধা ও অসুবিধাগুলি উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) প্রাকৃতিতে সোডিয়াম মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না; বিভিন্ন যৌগরূপে ইহা প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাদ্যলবণ, NaCl সমুদ্রের জলে, লবণ হ্রদে এবং কঠিন অবস্থায় লবণের খনিতে অপর্যাপ্ত পরিমাণে আছে। চিলি-সোরা বা সোডিয়াম নাইট্রেট, $NaNO_3$ এবং সোডিয়াম কার্বনেট, Na_2CO_3 পৃথিবীর নানাস্থানে পাওয়া যায়। ইহা ছাড়া বোরাক্স বা সোডিয়াম পাইরোবোরেট, $Na_2B_4O_7.10H_2O$ খনিজও উল্লেখযোগ্য।

(খ) সোডিয়াম অত্যধিক তড়িৎ-ধনাত্মক বলিয়া ইহার অক্সাইডকে কার্বন দ্বারা বিজারিত করিয়া সোডিয়াম ধাতু উৎপন্ন করা যায় না। একমাত্র তড়িৎ-বিজারণ তথা তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির সাহায্যে ইহার নিষ্কাশন সম্ভব হয়। গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড বা হাইড্রক্সাইডের ভিতর দিয়া উপযুক্ত তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে উহারা প্রথমে আয়নে বিশ্লিষ্ট হয়, পরে ধনাত্মক সোডিয়াম আয়ন ক্যাথোড হইতে ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া তথায় মুক্ত ধাতু উৎপন্ন করে। [তড়িৎ-বিশ্লেষণের বিক্রিয়ার জন্য ২৭৯ (ক) ও (খ)নং প্রশ্নোত্তরের নীতি দেখ।]

(গ) **কাছনার পদ্ধতি**—২৭৯ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

ডাউন্‌স পদ্ধতি—২৭৯ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ঘ) **কাছনার পদ্ধতি : সুবিধা**—এই পদ্ধতিতে অল্প উষ্ণতায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পন্ন করিয়া সোডিয়াম উৎপন্ন করা যায়। ইহাতে উৎপন্ন সোডিয়াম পাত্র বা ক্যাথোডের সহিত ক্ষয়কারী বিক্রিয়া করে না। **অসুবিধা**—ইহাতে তড়িৎশক্তির বহুলাংশে অপচয় ঘটে এবং কষ্টিক সোডা প্রকৃতি-জাত নয় বলিয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে ইহা প্রথমে প্রস্তুত করিতে হয়। সেইজন্য ইহা ব্যয়সাধ্য।

ডাউনস্ পদ্ধতি : সুবিধা—সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় এবং ইহা অত্যন্ত সস্তা। তদুপরি তড়িৎশক্তির অপচয় হয় না। সেইজন্য ইহা সুলভ। **অসুবিধা**—এই পদ্ধতিতে অধিক উষ্ণতায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পন্ন করিতে হয় বলিয়া বিক্রিয়া-জাত সোডিয়াম ও ক্লোরিনের কিয়দংশ অ্যানোড ও ক্যাথোড আক্রমণ করে।

প্রশ্ন : ২৮১। (ক) ম্যাগনেসিয়ামের প্রধান খনিজ কি? (খ) কিরূপে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়। (গ) ইহার ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) প্রকৃতিতে ম্যাগনেসিয়াম মৌলাবস্থায় থাকে না। ম্যাগনেসাইট

$MgCO_3$, ডলোমাইট $MgCO_3.CaCO_3$, কার্নালাইট $KCl.MgCl_2.6H_2O$, কাইসেরাইট $MgSO_4.H_2O$, ক্যাইনাইট $KCl.MgSO_4.3H_2O$ ম্যাগনেসিয়ামের প্রধান আকরিক।

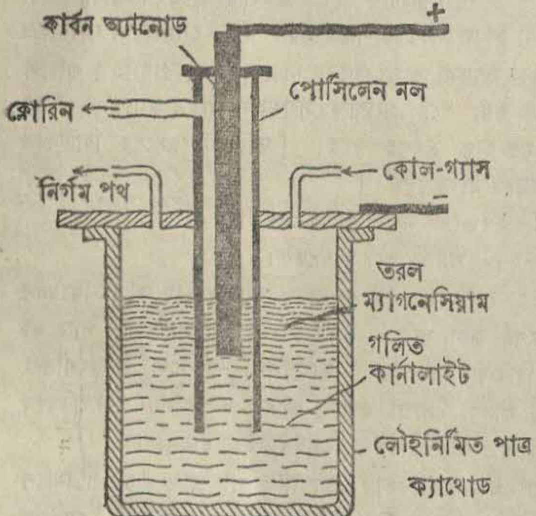
(খ) **নিষ্কাশন : নীতি**—গলিত অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড এবং সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া ম্যাগনেসিয়াম প্রস্তুত করা হয়। তড়িৎপ্রবাহে শুধুমাত্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্যাথোডে ম্যাগনেসিয়াম এবং অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন করে।

$MgCl_2 \rightleftharpoons Mg^{++} + 2Cl^-$; ক্যাথোডে : $Mg^{++} + 2e = Mg$.

অ্যানোডে : $Cl^- - e = Cl$; $2Cl = Cl_2$.

ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক কমাইতে এবং উহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ বন্ধ করিবার জন্য NaCl বা KCl যোগ করা হয় : $MgCl_2 + H_2O \rightleftharpoons MgO + 2HCl$.

কার্য-প্রণালী—ঢাকনাযুক্ত একটি লৌহ-নির্মিত আয়তাকার পাত্রে কার্নালাইট অথবা অনার্দ্র $MgCl_2$ ও NaCl-এর মিশ্রণ (4 : 1 অনুপাত) লইয়া তড়িৎ প্রবাহের সাহায্যে 700°C উষ্ণতায় গলান হয়। একটি গ্রাফাইট কার্বন দণ্ডকে চওড়া ও ফাঁপা পোর্সিলেন নল দ্বারা বেষ্টন করিয়া উক্ত স্বচ্ছ গলিত মিশ্রণের মধ্যে আংশিক ডুবাইয়া রাখা হয়। লৌহ-পাত্র ও গ্রাফাইট দণ্ড যথাক্রমে ক্যাথোড ও অ্যানোডরূপে কাজ করে। পোর্সিলেন নলের উপর দিকে ক্লোরিন নির্গমনের জন্য একটি নল আছে। লৌহপাত্রের ঢাকনায় দুইটি নল যুক্ত থাকে ; ইহার একটি দিয়া H_2 বা কোল-গ্যাস প্রবাহিত করিয়া পাত্রের অভ্যন্তরস্থ বায়ু অপসারিত করা হয় এবং ইহা অপর নল দিয়া বাহির হয়। ইহার ফলে মিশ্রণের উপর ভাসমান উৎপন্ন তরল ম্যাগনেসিয়াম বায়ুস্থিত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে না। এখন লৌহপাত্রকে ব্যাটারীর ঋণাত্মক মেরুর সহিত এবং গ্রাফাইট দণ্ডকে ধনাত্মক মেরুর সহিত যোগ করিয়া গলিত মিশ্রণের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে ম্যাগনেসিয়াম গলিত অবস্থায় (গলনাঙ্ক 651°C) মুক্ত হয় এবং ইহা হাল্কা



চিত্র ৫২

বলিয়া বিগলিত মিশ্রণের উপর ভাসিতে থাকে। অপরদিকে, অ্যানোডে ক্লোরিন মুক্ত হইয়া পোর্সিলেন নলের ভিতর দিয়া নির্গম পথে বাহির হইয়া যায়। মাঝে মাঝে গলিত ম্যাগনেসিয়াম সচ্ছিদ্র হাতার সাহায্যে তুলিয়া তার বা ফিতায় পরিণত করা হয়।

(গ) **ব্যবহার**—ম্যাগনেসিয়াম (১) সাঙ্কেতিক আলো ও ফটোগ্রাফির ফ্লাস্-বাল্ব উৎপাদনে, (২) বাজী, বিস্ফোরক দ্রব্য ও আগ্নেয় বোমা প্রস্তুতিতে, (৩) কপার, আয়রণ, ইস্পাত প্রভৃতি ঢালাই করিবার সময় শেষ অক্সিজেনটুকু দূর করিতে, (৪) জৈব রসায়নে অতি প্রয়োজনীয় গ্রীগনার্ড বিকারক প্রস্তুতিতে এবং (৫) পরীক্ষাগারে বোরন, সিলিকন প্রস্তুতিতে ও অন্যান্য কার্যে বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়। ম্যাগনেসিয়ামের ধাতু-সংকর খুব হাল্কা ও দৃঢ় বলিয়া বিমান ও মোটর গাড়ীর কাঠামো, মোটর ইঞ্জিনের পিস্টন, তুলাদণ্ড এবং নানাবিধ যন্ত্রাংশ নির্মাণে ব্যবহৃত হয়। ধাতু-সংকরগুলির মধ্যে ম্যাগনেলিয়াম (Al 98%, Mg 2%), ইলেকট্রন (Mg 95%, Zn 4·5%, Cu 0·5%) এবং ডুরালুমিন (Al 95%, Cu 4%, Mg 0·5%, Mn 0·5%) বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

প্রশ্ন : ২৮২। (ক) ম্যাগনেসাইট হইতে কিরূপে ম্যাগনেসিয়াম নিষ্কাশিত করা হয়। (খ) কিভাবে সমুদ্র-জল হইতে ম্যাগনেসিয়াম পাওয়া যায়।

উত্তর : (ক) ম্যাগনেসাইট আকরিক হইতে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি ও তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি দুই-ই প্রয়োগ করা যায়।

(১) **কার্বন বিজারণ পদ্ধতি**—প্রকৃতি-জাত ম্যাগনেসাইটকে পুড়াইলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ইহাকে কোকের সহিত মিশাইয়া অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে বিজারিত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম ধাতুতে পরিণত হয় এবং কোক নিজে কার্বন মনোক্সাইডে জারিত হয়। $MgCO_3 = MgO + CO_2$; $MgO + C \rightleftharpoons Mg + CO$.

কার্য-প্রণালী—ম্যাগনেসাইটকে ভস্মীকরণ প্রক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত করা হয়। ইহাকে বিচূর্ণ কোকের সহিত উত্তমরূপে মিশাইয়া উপযুক্ত কোন তেল বা পিচ সহযোগে সমস্ত মিশ্রণকে ছোট ছোট ইষ্টকাকারে পরিণত করিয়া ইষ্টকগুলিকে একটি আবদ্ধ তড়িৎ-চুল্লীতে প্রায় 2000°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ধাতব ম্যাগনেসিয়ামে বিজারিত হয়। উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম (স্ফুটনাঙ্ক 1100°C) ও কার্বন মনোক্সাইড বাষ্পাকারে তড়িৎ-চুল্লী হইতে বাহির হইয়া আসিবামাত্র ইহার সহিত প্রচুর হাইড্রোজেন গ্যাস মিশাইয়া তাড়াতাড়ি 200°C উষ্ণতায় শীতল করিলে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু গুঁড়ার আকারে জমা হয়। এই গুঁড়ায় ম্যাগনেসিয়ামের পরিমাণ মাত্র 60 – 65% ; ইহার সহিত ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড মিশ্রিত থাকে। এই গুঁড়াকে পুনরায় অপর একটি তড়িৎ-চুল্লীতে 800°C উষ্ণতায় খুব কম চাপে উত্তপ্ত করিয়া নির্গত ম্যাগনেসিয়াম ও কার্বন মনোক্সাইড বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিলে প্রায় বিশুদ্ধ ম্যাগনেসিয়াম ধাতু পাওয়া যায়।

(২) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি**—প্রকৃতি-জাত ম্যাগনেসাইটকে লঘু HCl-এ দ্রবীভূত করিলে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ পাওয়া যায় : $MgCO_3 + 2HCl$

$=MgCl_2+2H_2O+CO_2$. ইহাকে পরিস্রুত করিয়া গাঢ় করিলে সোদক স্ফটিক $MgCl_2.6H_2O$ কেলাসিত হয়। ইহাকে উত্তাপ প্রয়োগে আংশিক অনার্দ্র করিয়া গলিত NaCl-সহযোগে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু সঞ্চিত হয়। (বিবরণের জন্য ২৮১ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।)

(খ) সমুদ্রের জলে প্রায় 0·13% ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডরূপে দ্রবীভূত থাকে। অধুনা সমুদ্র-জলের ম্যাগনেসিয়াম লবণ উদ্ধার করিয়া উহা হইতে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু প্রস্তুত করা হয়।

বড় বড় জলাধারে সমুদ্রের জল বায়ুতে খোলা অবস্থায় কিছুদিন রাখিয়া দিলে বাষ্পীভবনের ফলে খানিকটা জল অপসারিত হয় এবং গাঢ় লবণোদক পড়িয়া থাকে। ইহার সহিত উপযুক্ত পরিমাণ কলিচুন উত্তমরূপে মিশ্রিত করিলে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। $MgCl_2+Ca(OH)_2=Mg(OH)_2+CaCl_2$. মিশ্রণটিকে গাঢ় করিয়া ও পরে বিশেষ পদ্ধতিতে পরিস্রুত করিয়া $Mg(OH)_2$ অধঃক্ষেপ পৃথক করা হয়। এই অধঃক্ষেপ লঘু 10% HCl-এ দ্রবীভূত করিয়া উহাতে সামান্য সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে দ্রবণে কোন ক্যালসিয়াম থাকিলে উহা সালফেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণটি পরিস্রুত করিয়া গাঢ় করিলে উহার সোদক স্ফটিক $MgCl_2.6H_2O$ কেলাসিত হয়। উত্তাপ প্রয়োগে ইহাকে আংশিক অনার্দ্র করিয়া গলিত NaCl-এর সহিত মিশাইয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু উৎপন্ন হয়। (বিবরণের জন্য ২৮১ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।)

প্রশ্ন : ২৮৩ কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়াম নিষ্কাশনের একটি বিবরণ দাও।

উত্তর : ২৮২ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ২৮৪। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু উৎপাদনে প্রয়োজনীয় ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড কি কি উৎস হইতে কিভাবে পাওয়া যায় তাহার সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

উত্তর : তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্ষার ধাতুর ক্লোরাইডের মিশ্রণ ব্যবহার করা হয়। প্রয়োজনীয় ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড বিভিন্ন উৎস হইতে নিম্নলিখিত উপায়ে পাওয়া যায় যথা—

(১) **কার্নালাইট**—প্রকৃতি-জাত কার্নালাইট $KCl.MgCl_2.6H_2O$ সরাসরি তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহৃত হয়। উত্তাপ প্রয়োগে 700°C উষ্ণতায় ইহা গলিয়া অনার্দ্র $MgCl_2$ ও KCl-এর স্বচ্ছ মিশ্রণরূপে তরলে পরিণত হয়। ইহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু উৎপন্ন হয়।

(২) **ম্যাগনেটাইট**—২৮২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দ্বিতীয় অংশ দেখ।

(৩) **সমুদ্র জল**—২৮২ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের দেখ।

প্রশ্ন : ২৮৫। (ক) ক্যালসিয়ামের প্রধান খনিজগুলির নাম কর।

(খ) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ক্যালসিয়াম ধাতু নিষ্কাশনের বিবরণ দাও। (গ) ইহার কয়েকটি ব্যবহার লিখ।

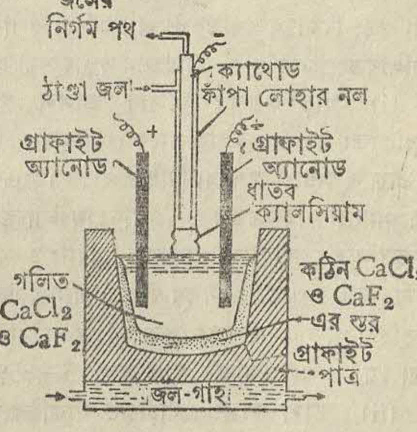
উত্তর : (ক) ক্যালসিয়ামের প্রধান খনিজগুলির মধ্যে মার্বেল, চুনাপাথর, খড়িমাটি ($CaCO_3$) এবং ডলোমাইট ($CaCO_3 . MgCO_3$) বিশেষ উল্লেখযোগ্য। জিপসাম্ $CaSO_4.2H_2O$, অ্যানহাইড্রাইট $CaSO_4$, ফ্লুয়োস্পার CaF_2 ও ফসফরাইট $Ca_3(PO_4)_2$ প্রভৃতি ক্যালসিয়ামের অন্যান্য খনিজ পদার্থ।

(খ) **নিষ্কাশন : তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি**—গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইডের মিশ্রণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে শুধুমাত্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লিষ্ট হয় এবং ক্যাথোডে ক্যালসিয়াম ধাতু ও অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন করে। ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইডের উপস্থিতিতে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 774°C হইতে 664°C উষ্ণতায় হ্রাস পায়।

$CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2Cl^-$; ক্যাথোডে : $Ca^{++} + 2e = Ca$.

অ্যানোডে : $Cl^- - e = Cl$; $2Cl = Cl_2$.

কার্য-প্রণালী—গ্রাফাইট নির্মিত একটি পাত্রে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও উহার $\frac{1}{6}$ অংশ ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইডের মিশ্রন লইয়া তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে উহাকে প্রায় 700°C উষ্ণতায় বিগলিত রাখা হয়। পাত্রের তলদেশ একটি জলগাহের উপর বসাইয়া শীতল জল-প্রবাহে ঠাণ্ডা রাখা হয়; ইহার ফলে মিশ্রণের কতকাংশ জমিয়া পাত্রের অভ্যন্তরে একটি পুরু আস্তরণ সৃষ্টি করে। এই-ভাবে মূল্যবান গ্রাফাইট পাত্রের ক্ষয় বহুলাংশে রোধ হয়। গলিত মিশ্রণের মধ্যে দুই পার্শ্বে দুইটি গ্রাফাইট দণ্ড অ্যানোড রূপে আংশিক ডুবান থাকে এবং মধ্যস্থলে একটি ফাঁপা লোহার



চিত্র ৫৩

নল ক্যাথোডরূপে গলিত মিশ্রণকে স্পর্শ করিয়া থাকে। এই ফাঁপা নলের ভিতর দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করিয়া উহাকে সর্বদা ঠাণ্ডা রাখা হয়। মিশ্রণের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্যাথোডে ক্যালসিয়াম এবং অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন করে। ক্যালসিয়াম ধাতু ক্যাথোডে মুক্ত হইয়া লোহার নলের প্রান্তদেশে জমিতে থাকে। স্বয়ংক্রিয় ব্যবস্থার সাহায্যে ক্যাথোড দণ্ডটি ধীরে ধীরে উপরে তোলা হয়; ফলে উৎপন্ন ক্যালসিয়াম একটি দণ্ডের আকারে পাওয়া যায়। ইহার চতুর্দিকে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের আবরণ থাকে বলিয়া উৎপন্ন

ক্যালসিয়াম ধাতু অবিকৃত থাকে অর্থাৎ ইহা বায়ু দ্বারা জারিত হয় না বা অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন দ্বারা আক্রান্ত হয় না। উৎপন্ন ধাতু সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয় বলিয়া ঊর্ধ্ব-পাতিত করিয়া ইহা হইতে বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম প্রস্তুত করা হয়। ক্লোরিন গ্যাস যথারীতি অ্যানোডে মুক্ত হইয়া বাহির হইয়া যায়।

(গ) **ব্যবহার**—ক্যালসিয়াম (১) বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে শেষের সামান্য জল অপসারণে, (২) কোন কোন ধাতু নিষ্কাশনের পর ঢালাই করিবার সময় শেষ অক্সিজেন দূর করিতে, (৩) হাইড্রোলিথ উৎপাদনে, (৪) বায়ু হইতে অক্সিজেন পৃথকীকরণের ফলে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন হইতে আরগন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। আল্‌কো, ফ্রারী প্রভৃতি ধাতু-সংকর প্রস্তুতে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন : ২৮৬। (ক) সংকেতসহ কপারের আকরিকগুলির নাম কর। (খ) পাইরাইটিস আকরিক হইতে কপার কিরূপে নিষ্কাশিত করা হয়? (গ) কপারের কয়েকটি সংকর ধাতুর নাম উপাদানসহ লিখ।

উত্তর : (ক) কপার পাইরাইটিস $CuFeS_2$ বা Cu_2S,Fe_2S_3, কিউপ্রাইট Cu_2O, কপার গ্লান্স Cu_2O, ম্যালাকাইট $CuCO_3.Cu(OH)_2$ ও অ্যাজুরাইট $2CuCO_3.Cu(OH)_2$ কপারের উল্লেখযোগ্য আকরিক।

(খ) **নিষ্কাশন :** সাধারণতঃ কপার পাইরাইটিস আকরিক হইতে শুষ্ক তাপন তথা স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতির প্রয়োগ করিয়া কপার নিষ্কাশিত করা হয়। এই পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত প্রক্রিয়াগুলি পর্যায়ক্রমে সম্পন্ন করা হয়।

(i) **গাঢ়ীকরণ : তৈল ভাসন পদ্ধতি**—কপার পাইরাইটিস আকরিকে সাধারণতঃ 2 – 3% কপার থাকে। ইহাতে আয়রণ সালফাইড ছাড়াও সিলিকেট জাতীয় ও অন্যান্য অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। একটি ট্যাঙ্কে বিচূর্ণ আকরিকের সহিত জল, সামান্য পাইন তেল ও সোডিয়াম জ্যান্থেট মিশাইয়া ট্যাঙ্কের তলদেশ হইতে সচ্ছিদ্র নলের সাহায্যে প্রচুর বায়ু প্রবাহিত করা হয়। আলোড়নের ফলে উৎপন্ন ফেনার সহিত পাইরাইটিস চূর্ণ উপরে ভাসিয়া উঠে এবং সিলিকেটজাতীয় অপদ্রব্যগুলি থিতাইয়া পড়ে। উপরের ফেনা হইতে পাইরাইটিস চূর্ণ সংগ্রহ করিয়া বায়ুপ্রবাহে শুষ্ক করা হয়। এই গাঢ়ীকৃত আকরিকে 25 – 35% কপার থাকে।

(ii) **তাপ-জারণ**—গাঢ়ীকৃত আকরিককে অতঃপর পরাবর্ত চুল্লীতে বা বহুস্তর বিশিষ্ট চুল্লীতে অতিরিক্ত বায়ুতে উত্তপ্ত করা হয়। তাপ-জারণের ফলে প্রথমে আর্সেনিক উদ্বায়ী অক্সাইডরূপে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত অপসারিত হয়; অতিরিক্ত সালফার পুড়িয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসরূপে নির্গত হয় এবং পাইরাইটিস প্রধানতঃ কিউপ্রাস ও ফেরাস সালফাইডের মিশ্রণে পরিণত হয়। পরে ফেরাস সালফাইডের কিছু অংশ ফেরাস অক্সাইডে জারিত হয় এবং সামান্য কিউপ্রাস অক্সাইডও উৎপন্ন হয়। $2CuFeS_2+O_2=Cu_2S+2FeS+SO_2$; $2CuFeS_2+4O_2=Cu_2S+2FeO+3SO_2$; $2Cu_2S+3O_2=2Cu_2O+2SO_2$.

(iii) **বিগলন (ম্যাট প্রস্তুতি)**—তাপ-জারিত আকরিকের সহিত অল্প কোক-

চূর্ণ ও বিগালক হিসাবে সিলিকা বা বালি মিশাইয়া পরাবর্ত বা মারুত চুল্লীতে শুষ্ক বায়ু প্রবাহে অধিক উষ্ণতায় বিগলিত করা হয়। ইহাতে অধিকাংশ ফেরাস সালফাইড জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয় এবং ইহা সিলিকার সহিত সংযোগে ফেরাস সিলিকেট ধাতুমল গঠন করে। কপারের সালফার আসক্তি আয়রণ অপেক্ষা বেশী বলিয়া এই পর্যায়ে সমস্ত কপার সালফাইড অপরিবর্তিত থাকে। অধিকন্তু তাপ-জারণ বা বিগলনের ফলে উৎপন্ন সামান্য কপার অক্সাইড ফেরাস সালফাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পুনরায় কপার সালফাইডে পরিণত হয়। $2FeS+3O_2=2FeO+2SO_2$; $FeO+SiO_2=FeSiO_3$; $Cu_2O+FeS=Cu_2S+FeO$. চুল্লীর নিম্নাংশে অধিক উষ্ণতায় কপার সালফাইড ও স্বল্প পরিমাণ অবিকৃত ফেরাস সালফাইডের গলিত মিশ্রণের উপর অপেক্ষাকৃত হাল্‌কা ধাতুমল ভাসিতে থাকে। ধাতুমল অপসারিত করিলে কপার ও ফেরাস সালফাইডের যে মিশ্রণ থাকে তাহাকে ম্যাট বলে। ইহাতে প্রায় 40 – 50% কপার থাকে।

(iv) **স্বতঃ বিজারণ (ফোস্কা-পড়া কপার প্রস্তুতি)**—গলিত ম্যাটকে সরাসরি অগ্নিসহ মৃত্তিকার আস্তরণযুক্ত ইস্পাত নির্মিত বিসিমার বিবর্তক চুল্লীতে লওয়া হয়। ইহার সহিত অল্প বালি মিশাইয়া চুল্লীর মধ্যস্থলে অবস্থিত একটি নলের সাহায্যে গলিত ম্যাটের উপর দিয়া উত্তপ্ত বায়ু চালনা করা হয়। ফলে প্রথমে ফেরাস সালফাইড ফেরাস অক্সাইডে জারিত হয় এবং উহা সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ফেরাস সিলিকেট ধাতুমল উৎপন্ন করে ; ধাতুমল গঠনকালে চুল্লী হইতে সবুজ বর্ণের শিখা নির্গত হয়। সমস্ত আয়রণ এইভাবে অপসারিত হইলে বায়ু প্রবাহ বন্ধ করিয়া ধাতুমল সরাইয়া লইয়া পুনরায় প্রবল বায়ু-প্রবাহ চালনা করা হয়। ইহাতে কপার সালফাইডের কিয়দংশ কপার অক্সাইডে পরিণত হয় এবং ইহা সঙ্গে সঙ্গে অপরিবর্তিত কপার সালফাইডের সহিত বিক্রিয়ায় বিজারিত হইয়া ধাতব কপার উৎপন্ন করে এবং SO_2 নির্গত হয়। $2Cu_2S+3O_2=2Cu_2O+2SO_2$; $Cu_2S+2Cu_2O=6Cu+SO_2$. উৎপন্ন কপার গলিত অবস্থায় চুল্লার তলদেশে সঞ্চিত হয় এবং ইহা বায়ু-নলের নীচে থাকে বলিয়া বায়ু দ্বারা পুনরায় জারিত হয় না। বিক্রিয়া-শেষে বায়ু-প্রবাহ বন্ধ করিয়া বিবর্তক চুল্লীটি উপুড় করিয়া গলিত কপার বাহির করা হয়। গলিত কপার কঠিন হইবার সময় ইহা হইতে দ্রবীভূত SO_2 নির্গত হয়। ফলে কঠিন কপার ফোস্কার মত সচ্ছিদ্র দেখায়। ইহাকে ফোস্কা-পড়া কপার বলে। ইহাতে 97-98% কপার থাকে।

(v) **বিশোধন : (১) তাপ-শোধন (পোলিং পদ্ধতি)**—অবিশুদ্ধ কপারে প্রধানতঃ আয়রণ, সালফার সমেত অন্যান্য অশুদ্ধি 2 – 3% থাকে। ইহাকে সিলিকার আস্তরণযুক্ত পরাবর্ত চুল্লীতে পরিমিত বায়ু-প্রবাহে গলান হয়। সালফার, আর্সেনিক প্রভৃতি জারিত হইয়া উদ্বায়ী অক্সাইডরূপে নির্গত হয়। আয়রণ, লেড প্রভৃতি ধাতু অক্সাইডে জারিত হইয়া সিলিকার সংমিশ্রণে ধাতুমল গঠন করিয়া উপরে ভাসিয়া উঠে এবং ইহা অপসারিত করা হয়। $FeO+SiO_2=FeSiO_3$. জারণের ফলে সামান্য কপার অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া গলিত কপারে দ্রবীভূত থাকে। গলিত

কপারের উপর কিছু কোক-চূর্ণ ছড়াইয়া উহাকে কাঁচা কাঠের দণ্ড দ্বারা উত্তমরূপে নাড়া হয়; ফলে উৎপন্ন বিজারক হাইড্রোকার্বন গ্যাস কপার অক্সাইডকে কপারে বিজারিত করে। এই কপার প্রায় 99·5% বিশুদ্ধ।

(২) **তড়িৎ-বিশোধন**—লেড আস্তরণযুক্ত আয়তাকার পাত্রে 5–10% লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত 15% কপার সালফেট দ্রবণ লইয়া উহার ভিতর কতকগুলি অবিশুদ্ধ কপারের পুরু বড় বড় চতুষ্কোণ পাত ডুবাইয়া অ্যানোডরূপে ব্যবহার করা হয়। দুইটি অ্যানোডের মধ্যে পর্যায়ক্রমে একটি বিশুদ্ধ কপারের পাতলা পাত ক্যাথোড হিসাবে থাকে। সমস্ত পাতগুলি উপর হইতে দ্রবণে ঝুলাইয়া রাখা হয়। ব্যাটারীর সাহায্যে দ্রবণের ভিতর তড়িৎ প্রবাহিত করিলে অ্যানোড হইতে কপার আয়নিত হইয়া দ্রবীভূত হয় এবং বিশুদ্ধ কপার ক্যাথোড পাতের উপর সঞ্চিত হইতে থাকে। অ্যানোড পাত ক্রমশঃ ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। এইভাবে উৎপন্ন কপার 99·99% বিশুদ্ধ। $CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{=}$; অ্যানোডে; $Cu - 2e = Cu^{++}$; ক্যাথোডে: $Cu^{++} + 2e = Cu$.

(গ) ২৭৮ নং প্রশ্নোত্তরের (ঘ) অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ২৮৭। (ক) কপারের প্রধান আকরিক কি? (খ) ইহা হইতে কপারের নিষ্কাশন পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। (গ) অবিশুদ্ধ কপার কিভাবে পরিশোধন করা হয়। (ঘ) কপারের ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) কপার পাইরাইটিস বা চালকো পাইরাইটিস $Cu_2S.Fe_2S_3$ বা $CuFeS_2$ কপারের প্রধান আকরিক। পৃথিবীর প্রায় 75% কপার এই আকরিক হইতে নিষ্কাশিত করা হয়।

(খ) **নিষ্কাশন**—উচ্চ মানের কপার পাইরাইটিস হইতে শুষ্ক তাপন তথা স্বতঃ বিজারণ পদ্ধতিতে এবং নিম্ন মানের আকরিক হইতে সিক্ত পদ্ধতির সাহায্যে কপার নিষ্কাশন করা হয়। উচ্চ মানের আকরিকে কপারের পরিমাণ 2-3% থাকে; কপারের পরিমাণ ইহার কম থাকিলে উহাকে নিম্ন মানের আকরিক বলা হয়।

(i) **শুষ্ক তাপন** বা **স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি**—২৮৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) **সিক্ত-পদ্ধতি**—পর্যাপ্ত পরিমাণ নিম্ন মানের বিচূর্ণ পাইরাইটিস আকরিক জলে সিক্ত করিয়া স্তূপাকারে বায়ুতে ফেলিয়া রাখা হয়। ইহাতে আকরিকস্থিত ধাতব সালফাইডগুলি জারিত হইয়া সালফেটে পরিণত হয়। মাঝে মাঝে স্তূপের উপর জল ছড়াইয়া দিলে দ্রাব্য ফেরাস সলেফেট ও কপার সালফেট ধুইয়া দ্রবণ উৎপন্ন করে এবং তলদেশ দিয়া বাহিয়া আসিয়া স্তূপের পাশে একটি চৌবাচ্চায় সঞ্চিত হয়। এই দ্রবণে লৌহ-চূর্ণ যোগ করিলে কপার প্রতিস্থাপিত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ ছাঁকিয়া পৃথক করিবার পর পরিশোধন করা হয়। $2Cu_2S + 5O_2 = 2CuSO_4 + 2CuO$; $2Fe_2S_3 + 11O_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + 4FeSO_4$; $CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$; $CuSO_4 + Fe = Cu + FeSO_4$.

(গ) **পরিশোধন** বা **বিশোধন**—২৮৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (v) অংশ দেখ।

(ঘ) **ব্যবহার**—কপার (১) তড়িৎ পরিবহণের তার হিসাবে, (২) তড়িৎ-শিল্পে ও

তড়িৎ যন্ত্রপাতি নির্মাণে, (৩) তড়িৎ প্রলেপনে ও ব্লক নির্মাণে, (৪) গৃহস্থালীর বাসন-পত্র, অলঙ্কার ও মুদ্রা প্রস্তুতে, (৫) পরীক্ষাগারে সালফার ডাই-অক্সাইড, কপার সালফেট প্রস্তুতিতে ও নাইট্রেট মূলক সনাক্তকরণে এবং (৬) পিতল, ব্রোঞ্জ, জার্মান সিলভার, মোনেল ধাতু প্রভৃতি প্রয়োজনীয় ধাতু-সংকর প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ২৮৮। (ক) ভারতের কোথায় কপারের খনি আছে এবং কোথায় ইহা নিষ্কাশিত হয়? (খ) পাইরাইটিস আকরিক হইতে কপার নিষ্কাশনের নীতি ব্যাখ্যা কর এবং বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও। অথবা, **পাইরাইটিস হইতে কপার নিষ্কাশনে প্রধান অসুবিধা কি? কিভাবে উহা দূরীভূত করা হয় ব্যাখ্যা কর। (গ) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে কিরূপে কপার বিশোধিত করা হয়? অ্যানোড-কাদা কি?**

উত্তর : (ক) ভারতে কপার খুব কমই পাওয়া যায়। বিহারের সিংভূম জেলার মুসাবনীতে, হাজারীবাগে ও সাঁওতাল পরগণায়, যুক্তপ্রদেশে কুমায়ুন ও মাড়োয়ারে, তামিলনাড়ুর নেলোরে এবং সিকিম ও দার্জিলিং-এর নিকটস্থ পাহাড়ে কিছু কপার পাইরাইটিসের খনি আছে। ঘাটশীলার মুসাবনীতে প্রাপ্ত খনিজ হইতে কপার নিষ্কাশন করা হয়।

(খ) **নিষ্কাশন : নীতি**—কপার পাইরাইটিস আকরিকে মাত্র 2-3% কপার থাকে। ইহা কপার ও আয়রণের একটি মিশ্র সালফাইড $Cu_2S.\ Fe_2S_3$ বা $CuFeS_2$ যৌগ, তদুপরি ইহাতে সালফেট জাতীয় ও অন্যান্য অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। শুষ্ক তাপন তথা স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি প্রয়োগে পাইরাইটিস হইতে কপার নিষ্কাশিত করা হয়। কপার সালফাইডের সহিত আয়রণ সালফাইড মিশ্রিত থাকায় কপার নিষ্কাশনে অসুবিধা দেখা দেয় এবং এই নিষ্কাশন কষ্টসাধ্য ও ভিন্ন ধরণের। কারণ সালফারের প্রতি কপারের আসক্তি আয়রণের চেয়ে অনেক বেশী; পক্ষান্তরে অক্সিজেনের প্রতি আয়রণের আসক্তি কপারের চেয়ে বেশী। সুতরাং তাপ-জারণ প্রক্রিয়ায় উত্তপ্ত অবস্থায় বায়ু-প্রবাহ দ্বারা পাইরাইটিসের মিশ্র সালফাইড যৌগকে অক্সাইডে রূপান্তরিত করিবার সময় বিক্রিয়া-শেষে আয়রণ সালফাইড শুধুমাত্র অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় কিন্তু কপার সালফাইড অবিকৃত থাকে। সামান্য কপার সালফাইড অক্সাইডে রূপান্তরিত হইলেও ইহা পুনরায় অবিকৃত ফেরাস সালফাইডের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া কপার সালফাইডে পরিণত হয়। অতএব আয়রণ সম্পূর্ণরূপে অপসারিত করিয়া এবং পরে কপার সালফাইডকে আংশিকভাবে অক্সাইডে জারিত করিয়া স্বতঃ-বিজারণ দ্বারা কপার নিষ্কাশন সম্ভব হয়। সেইজন্য এই পদ্ধতিকে (i) গাঢ়ীকরণ, (ii) তাপ-জারণ, (iii) বিগলন, (iv) স্বতঃ-বিজারণ এবং (v) বিশোধন এই পাঁচটি প্রক্রিয়ায় বিভক্ত করা হয়।

সাধারণতঃ (i) তৈল ভাসন পদ্ধতিতে পাইন তৈল, সোডিয়াম জ্যান্থেট ও জলের সঙ্গে বিচূর্ণ আকরিক মিশাইয়া উহার মধ্যে বায়ু-প্রবাহ দ্বারা সিলিকাজাতীয় অপদ্রব্য দূর করিয়া আকরিক গাঢ় করা হয়। পরবর্তী ধাপে তাপ-জারণ প্রক্রিয়ায় আকরিকস্থিত আয়রণ সালফাইডের কিছু অংশ অক্সাইডে জারিত হয় এবং বিক্রিয়া-শেষে কিউপ্রাস

সালফাইড, ফেরাস অক্সাইড ও সালফাইডের মিশ্রণ পাওয়া যায়। (ii) অতঃপর ইহাকে অল্প কোক ও সিলিকা সহযোগে চুল্লীতে উচ্চ উষ্ণতায় বিগলিত করিলে ফেরাস সালফাইডের কিয়দংশ ফেরাস অক্সাইডে জারিত হয় এবং সিলিকার সংমিশ্রণে গলিত ধাতুমল সৃষ্টি করিয়া দূরীভূত হয়। ইহাতে গলিত কপার সালফাইড ও অল্প অপরিবর্তিত ফেরাস সালফাইডরূপে ম্যাট পাওয়া যায়। (iv) পরবর্তী পর্যায়ে ম্যাটকে অল্প সিলিকাসহ বিসিমার বিবর্তক চুল্লীতে বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে প্রথমে ফেরাস সালফাইড অক্সাইডে জারিত হইয়া এবং পরে সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ফেরাস সিলিকেট ধাতুমল উৎপন্ন করিয়া সম্পূর্ণরূপে অপসারিত হয়। অতঃপর বায়ু-প্রবাহে কপার সালফাইডের কিয়দংশ অক্সাইডে জারিত হইলে উহা অবশিষ্ট কপার সালফাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া অবিশুদ্ধ ফোঁস্কা-পড়া কপার উৎপন্ন করে। (v) এই অবিশুদ্ধ কপার তাপ-শোধন বা তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে পরিশোধিত করা হয়। তাপ-শোধন প্রক্রিয়ায় অশুদ্ধিগুলি গলিত অবস্থায় বায়ু দ্বারা জারিত হইয়া উদ্বায়ী গ্যাসরূপে বা হাল্কা ধাতুমল সৃষ্টি করিয়া অপসারিত হয়। কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে লঘু H_2SO_4-যুক্ত $CuSO_4$ দ্রবণে নিমজ্জিত অবিশুদ্ধ কপার অ্যানোড হইতে বিশুদ্ধ কপার পাতলা কপার ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়।

(উপরোক্ত বিভিন্ন প্রক্রিয়ায় বিক্রিয়া-গত সমীকরণের জন্য ২৮৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের বিভিন্ন প্রক্রিয়া দেখ।)

(গ) **বিশোধন**—২৮৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (v) অংশ দেখ।

অ্যানোড কাদা—অবিশুদ্ধ কপারের পুরু পাত লঘু H_2SO_4 দ্রবণে অ্যানোডরূপে ডুবাইয়া তড়িৎ-বিশোধনের সময় অ্যানোড হইতে কপার আয়নিত হইয়া দ্রবীভূত হয় এবং বিশুদ্ধ কপার ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। অ্যানোডকে সূক্ষ্ম কাপড়ের থলে দিয়া মুড়িয়া রাখিলে অশুদ্ধি গোল্ড, সিলভার, প্লাটিনাম প্রভৃতি বর ধাতু অদ্রাব্য বলিয়া থলের মধ্যে সঞ্চিত হয় ; ইহাকে অ্যানোড কাদা বলে। বাকী আয়রণ, বিসমাথ প্রভৃতি ধাতু দ্রবণে চলিয়া যায়। এইভাবে অ্যানোড ক্রমশঃ ক্ষয় প্রাপ্ত হয়। অ্যানোড কাদা হইতে মূল্যবান ধাতুগুলি পরে উদ্ধার করা হয়।

প্রশ্ন : ২৮৯। কপারের (ক) নিম্ন মানের সালফাইড আকরিক, (খ) কার্বনেট আকরিক হইতে কিভাবে কপার নিষ্কাশিত করা হয়? (গ) কপারের কয়েকটি প্রধান ধাতু-সংকরের নাম কর। উহাদের উপাদান ও ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) ২৮৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের সিক্ত পদ্ধতি দেখ।

(খ) ক্ষারকীয় কার্বনেট আকরিক ম্যালাকাইট ও অ্যাজুরাইট হইতে শুষ্ক ও সিক্ত পদ্ধতিতে কপার নিষ্কাশিত করা হয়। (i) **শুষ্ক পদ্ধতি**—বিচূর্ণ আকরিক হইতে ভস্মীকরণ প্রক্রিয়ায় উদ্বায়ী গ্যাসগুলি অপসারিত করিলে কপার অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই অক্সাইডের সহিত কার্বন-চূর্ণ ও বিগালক বালি মিশাইয়া চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে বিজারণের ফলে ধাতব কপার উৎপন্ন হয় এবং অপদ্রব্যগুলি সিলিকার সহিত বিক্রিয়ায়

ধাতুমলে পরিণত হয়। ভাসমান গলিত ধাতুমল উপর হইতে সরাইলেই কপার ধাতু পাওয়া যায় এবং ইহা পরে পরিশোধন করা হয়।

$CuCO_3.Cu(OH)_2 = 2CuO + CO_2 + H_2O$; $CuO + C = Cu + CO$

(ii) **সিক্ত পদ্ধতি**—কার্বনেট আকরিককে বিচূর্ণ করিয়া লঘু H_2SO_4-এ দ্রবীভূত করিলে কপার সালফেট দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণকে বিশুদ্ধ কপার ক্যাথোড এবং লেড অ্যানোডের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে বিশুদ্ধ কপার সঞ্চিত হয়।

(গ) ২৭৮ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তরে দেখ।

প্রশ্ন : ২৯০। (ক) সংকেতসহ জিঙ্কের প্রধান আকরিকের নাম লিখ। (খ) ইহা হইতে কিভাবে জিঙ্ক নিষ্কাশিত করা হয়। (গ) ইহা কিরূপে বিশুদ্ধ করা হয়। (ঘ) জিঙ্কের ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) জিঙ্ক ব্লেণ্ড, ZnS জিঙ্কের প্রধান আকরিক। ইহাতে কিছু লেড আকরিক গ্যালেনা, PbS ও ক্যাডমিয়াম সালফাইড মিশ্রিত থাকে।

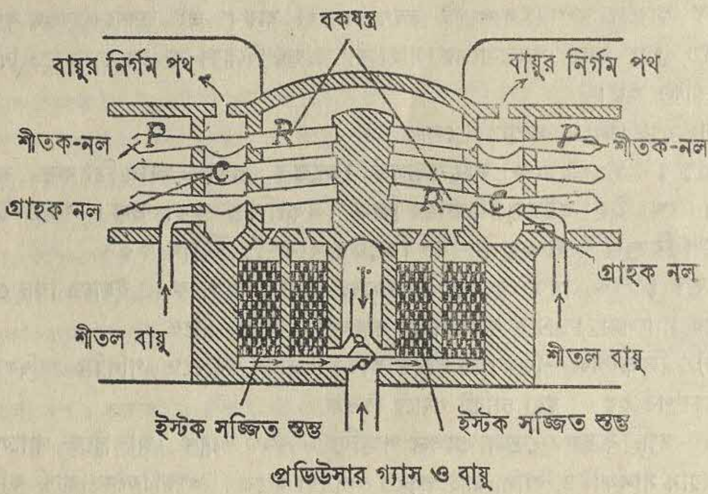
(খ) **নিষ্কাশন**—জিঙ্ক ব্লেণ্ড হইতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে পৃথিবীর অধিকাংশ জিঙ্ক নিষ্কাশিত হয়। ইহা চারিটি পর্যায়ে বিভক্ত।

(i) **গাঢ়ীকরণ (তৈল ভাসন পদ্ধতি)**—জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিকে গ্যালেনা, ক্যাডমিয়াম সালফাইড, বালি, মাটি প্রভৃতি অপদ্রব্য থাকে। আকরিককে বিচূর্ণ করিয়া ইউক্যালিপ্টাস তেল ও অল্প অ্যাসিড সহযোগে ইহাকে জলের সঙ্গে মিশাইয়া উহাতে বায়ু-প্রবাহ চালনা করা হয় ; উৎপন্ন ফেনার সহিত সালফাইড উপরে ভাসিয়া উঠে এবং অপদ্রব্যগুলি নীচে থিতাইয়া পড়ে। উপরের ফেনা ছাঁকনার সাহায্যে তুলিয়া শুষ্ক করিলে গাঢ় আকরিক পাওয়া যায়।

(ii) **তাপ-জারণ**—শুষ্ক গাঢ় আকরিককে উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহে বহুস্তর বিশিষ্ট চুল্লীতে উচ্চ উষ্ণতায় (850° – 900°C) তাপ-জারিত করা হয়। এই চুল্লীর ভিতর কতকগুলি অগ্নিসহ-ইস্টক নির্মিত তাক থাকে। গাঢ় আকরিক উপর হইতে এই চুল্লীর ভিতরে প্রবেশ করে। চুল্লীর মধ্যস্থলে অবস্থিত একটি শক্ত দণ্ডের সহিত অনেকগুলি আলোড়ক যুক্ত থাকে। যান্ত্রিক ব্যবস্থায় শক্ত দণ্ডটি আস্তে আস্তে ঘুরাইলে আলোড়কগুলিও ঘোরে ; ফলে আকরিক বিভিন্ন তাকের মধ্য দিয়া ধীরে ধীরে নীচে নামিতে থাকে। অপরদিকে, চুল্লীর নীচে অবস্থিত একটি নলের সাহায্যে উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহ চুল্লীর ভিতরে প্রবেশ করান হয়। ইহাতে সমস্ত জিঙ্ক সালফাইড জারিত হইয়া জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং চুল্লীর নিম্নদেশে অবস্থিত নির্গম-পথে বাহির হয়। $2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$.

(iii) **বিজারণ**—তাপ-জারণে উৎপন্ন জিঙ্ক অক্সাইডের সহিত উহার অর্ধেক ওজনের কোক-চূর্ণ মিশাইয়া মিশ্রণটি অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত কতকগুলি বকযন্ত্রে ভর্তি করা হয়। এই বকযন্ত্রগুলি একটি চুল্লীতে দুই পাশে উপর হইতে নীচে পর পর কয়েকটি সারিতে খোলা মুখ সম্মুখ দিকে সামান্য ঢালু অবস্থায় রাখিয়া সাজান হয়।

প্রত্যেকটি বকযন্ত্রের খোলা মুখে একটি মাটির শঙ্কু আকৃতি গ্রাহক-নল যুক্ত থাকে এবং উহার সহিত অপর একটি লোহার শীতক-নল যুক্ত করা হয়। মাটির গ্রাহক-নল ও লোহার শীতক-নল চুল্লীর বাহিরে অবস্থিত। সমস্ত চুল্লীটি চারিদিক ঘিরিয়া আবৃত থাকে এবং 'তাপ-পুনরুৎপাদক নীতি' প্রয়োগে প্রডিউসার গ্যাস বায়ুতে পোড়াইয়া



চিত্র ৫৪

বকযন্ত্রগুলিকে প্রায় 1200°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপে জিঙ্ক অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া জিঙ্ক বাষ্প (স্ফুটনাঙ্ক 920°C) ও কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে ; $ZnO+C=Zn+CO$. অধিকাংশ জিঙ্ক বাষ্প গলিত ধাতুরূপে গ্রাহক-নলে এবং কতকাংশ অক্সাইড সমেত কঠিন জিঙ্ক ধূলারূপে লোহার শীতক-নলে জমা হয়। কার্বন মনোক্সাইড শীতকের খোলা মুখে ঈষৎ নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে। অতঃপর গলিত জিঙ্ককে শীতল করিয়া ছাঁচে ঢালা হয়। ইহাকে স্পেলটার বলে। ইহাতে 97-98% জিঙ্ক এবং বাকী লেড, আয়রন, ক্যাডমিয়াম, আর্সেনিক প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে।

(গ) **বিশোধন : আংশিক পাতনের সাহায্যে**—স্পেলটারকে প্রথমে 920°C উষ্ণতার ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক ও ক্যাডমিয়াম বাষ্পাকারে অন্যান্য অপদ্রব্য হইতে পৃথক হইয়া আসে এবং তরলরূপে ঘনীভূত হয়। অতঃপর এই গলিত মিশ্রণকে 767°C উষ্ণতার ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে ক্যাডমিয়াম বাষ্পরূপে দূরীভূত হয় এবং বিশুদ্ধ জিঙ্ক (99·95%) অবশেষ হিসাবে পাওয়া যায়।

(ii) **তড়িৎ-বিশোধন**—লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত বিশুদ্ধ জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে অবিশুদ্ধ জিঙ্ক (স্পেলটার) দণ্ড অ্যানোডরূপে এবং অ্যালুমিনিয়ামের পাতলা পাত ক্যাথোডরূপে আংশিক ডুবাইয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে অ্যানোড হইতে জিঙ্ক দ্রবীভূত হয় এবং অতি বিশুদ্ধ জিঙ্ক (99·99%) অ্যালুমিনিয়াম ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়।

(ঘ) **ব্যবহার**—জিঙ্ক (১) বিভিন্ন তড়িৎ-কোষে ও ব্যাটারীতে, (২) লৌহ-জাত

দ্রব্যাদি মরিচা হইতে রক্ষার জন্য উহাদের উপর জিঙ্কের প্রলেপ দিতে, (৩) জিঙ্ক হোয়াইট নামক সাদা রং (ZnO) প্রস্তুতিতে, (৪) ছাপার ব্লক নির্মাণে, (৫) সীসা হইতে সিলভার পৃথক করিতে, এবং (৬) গোল্ড ও সিলভার ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে জিঙ্ক দানা হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে এবং জিঙ্ক-চূর্ণ বিজারক হিসাবে অনেক ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহা ছাড়া বিভিন্ন ধাতু-সংকর যথা পিতল (Cu 60-70%, Zn 30-40%), জার্মান সিলভার (Cu 50%, Zn 30%, Ni 20%), ডেল্‌টা ধাতু (Cu 55%, Zn 40%, Fe 5%) প্রভৃতি প্রস্তুতিতে জিঙ্কের প্রয়োজন হয়।

প্রশ্ন : ২৯১। (ক) সিক্ত পদ্ধতিতে জিঙ্ক ব্লেণ্ড হইতে জিঙ্ক উৎপাদনের প্রক্রিয়া বর্ণনা কর। অথবা, তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির সাহায্যে জিঙ্ক ব্লেণ্ড হইতে কিভাবে জিঙ্ক নিষ্কাশিত করা হয়। (খ) কয়েকটি প্রধান জিঙ্ক-সংকরের ব্যবহার উপাদানসহ লিখ।

উত্তর : (ক) **সিক্ত পদ্ধতি**—জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিককে বিচূর্ণ করিয়া তৈল-ভাসন প্রক্রিয়ায় গাঢ় করা হয়। পরে ইহাকে চুল্লীতে 650° – 700°C উষ্ণতায় অতিরিক্ত বায়ু-প্রবাহে তাপ-জারিত করিলে প্রায় সমস্ত জিঙ্ক সালফাইড জিঙ্ক সালফেটে পরিণত হয়; ইহাতে সামান্য জিঙ্ক অক্সাইডও উৎপন্ন হয়। $ZnS + 2O_2 = ZnSO_4$; $2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$. অতঃপর ইহাকে লঘু ও উষ্ণ সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রাবিত করিলে জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ পাওয়া যায়; আকরিকের অন্যান্য অশুদ্ধি যথা আয়রণ, অ্যালুমিনিয়াম, কপার, ক্যাডমিয়াম প্রভৃতিও দ্রবণে চলিয়া আসে। দ্রবণকে চুন-গোলা মিশাইয়া ফুটাইলে আয়রণ ও অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডরূপে এবং সিলিকা ক্যালসিয়াম সিলিকেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরে পরিস্রুত দ্রবণের মধ্যে জিঙ্ক চূর্ণ যোগ করিলে কপার ও ক্যাডমিয়াম প্রতিস্থাপিত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে ছাঁকিয়া ফেলিলে বিশুদ্ধ জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ পাওয়া হয়। $Al_2(SO_4)_3 + ɔ\, Ca(OH)_2 = 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4$; $CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu$.

এই দ্রবণকে সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে অম্লীকৃত করিয়া লেড অ্যানোড এবং অ্যালুমিনিয়াম ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে 99·95% বিশুদ্ধ জিঙ্ক ক্যাথোডে উৎপন্ন হয়।

(খ) ২৭৮ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ২৯২। (ক) জিঙ্কের তিনটি প্রধান আকরিকের নাম সংকেত-সহ লিখ। (খ) কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে কিভাবে জিঙ্ক নিষ্কাশিত করা হয়।

উত্তর : (ক) জিঙ্ক ব্লেণ্ড, ZnS জিঙ্কের প্রধান আকরিক; পরবর্তী দুইটি প্রধান আকরিকের নাম ক্যালামাইন, $ZnCO_3$ এবং জিঙ্কাইট, ZnO.

(খ) **নিষ্কাশন**—১৯০ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

[**দ্রষ্টব্য :** জিঙ্কাইট ও ক্যালমাইন আকরিককে জলস্রোতে ধুইয়া মিশ্রিত অপদ্রব্য অনেকাংশে দূরীভূত করা হয়; ফলে গাঢ় আকরিক পাওয়া যায়। ভস্মীকরণ প্রক্রিয়ায়

জিঙ্কাইট হইতে জলীয় বাষ্প এবং ক্যালামাইন হইতে CO_2 ও জলীয় বাষ্প অপসারিত করিলে জিঙ্ক অক্সাইড উৎপন্ন হয়: $ZnCO_3 = ZnO + CO_2$. পরে ইহা হইতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে জিঙ্ক পাওয়া যায়।]

প্রশ্ন: ২৯৩। (ক) টীকা লিখ—(i) জিঙ্ক-ধূলি, (ii) দস্তা-লেপন, (iii) টিন লেপন। (খ) দস্তা লেপন এবং টিন লেপনের মধ্যে তুলনা-মূলক আলোচনা কর।

উত্তর: (ক) (i) **জিঙ্ক-ধূলি**—ইহা নীলাভ বাদামী বর্ণের ধাতব জিঙ্ক ও জিঙ্ক অক্সাইড মিশ্রণের গুঁড়া। কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে জিঙ্ক নিষ্কাশনের সময় ইহা শীতক-নলে সঞ্চিত হয়। গলিত জিঙ্কের ভিতর দিয়া উচ্চ-চাপে বায়ু প্রবাহিত করিলেও জিঙ্ক-ধূলি পাওয়া যায়। ইহা পরীক্ষাগারে বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(ii) **দস্তা-লেপন**—মরিচা-পড়া নিবারণের জন্য লৌহদ্রব্যের উপর দস্তার আবরণ দেওয়ার পদ্ধতিকে দস্তা-লেপন বা গ্যালভানাইজেশন বলে। (১) লৌহদ্রব্য প্রথমে বালুস্রোতে ও লঘু HCl-এ ধুইয়া পরিষ্কার করা হয়। অতঃপর উহা সামান্য অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত গলিত জিঙ্কের মধ্যে ডুবাইলে লোহার উপর জিঙ্কের আস্তরণ পড়ে। পরে যান্ত্রিক উপায়ে চাপ প্রয়োগে এই প্রলেপ সমানভাবে পুরু করা হয়। (২) পরিষ্কার ছোট ছোট লোহার জিনিসের উপর জিঙ্ক-চূর্ণ মাখাইয়া উহাকে আবদ্ধ পাত্রে $300° - 400°C$ উষ্ণতায় কয়েক ঘণ্টা উত্তপ্ত করিলে লোহার উপরে জিঙ্কের প্রলেপ পড়ে; ইহাতে অনেকাংশে জিঙ্ক ও আয়রণের ধাতু-সংকর গঠিত হয়। এই পদ্ধতিকে শেরারডাইজিং বলে। (৩) বিশেষ প্রয়োজনে বিশুদ্ধ জিঙ্ক দণ্ড অ্যানোডরূপে ও পরিষ্কার লৌহ-জাত দ্রব্যাদি ক্যাথোডরূপে জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে ডুবাইয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারাও দস্তা-লেপন করা হয়। ইহা ব্যয়সাধ্য। করোগেটেড টিন, বালতি, মগ, স্ক্রু, কব্জা প্রভৃতি দস্তা-লিপ্ত লৌহ দ্বারা প্রস্তুত করা হয়।

(iii) **টিন লেপন**—গলিত টিনের মধ্যে পরিষ্কার লৌহদ্রব্য ডুবাইয়া উহার উপরিভাগে টিনের প্রলেপ দেওয়াকে টিন লেপন বলে। লৌহদ্রব্য HCl দ্বারা পরিষ্কার করিয়া অল্প অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত গলিত টিনের মধ্যে ডুবাইলে উহার উপর টিনের আস্তরণ পড়ে। আবার লৌহদ্রব্যের উপর অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডযুক্ত গলিত টিন ঢালিয়া ব্রাশ দ্বারা ঘষিয়া টিন লেপন করা যায়। কেরোসিন তেলের টিন এইরূপ টিন-প্রলিপ্ত লোহার পাত্র।

(খ) (১) জিঙ্ক-লেপনে ও টিন-লেপনে লৌহজাত দ্রব্যের উপরে জিঙ্ক বা টিনের আস্তরণ দেওয়া হয়। (২) উভয়ের উদ্দেশ্য এক; লৌহ-দ্রব্যাদি জলবায়ুর প্রকোপ হইতে রক্ষার জন্য জিঙ্ক বা টিনের প্রলেপ দেওয়া হয়। কিন্তু এ বিষয়ে জিঙ্ক-লেপন হইতে টিন-লেপন অধিকতর কার্যকরী। (৩) জিঙ্ক-লেপনে পুরু স্তর পড়ে বলিয়া বেশী জিঙ্ক লাগে কিন্তু টিন-লেপন পাতলা বলিয়া কম টিন লাগে। তথাপি জিঙ্ক লেপন অপেক্ষা টিন-লেপন বেশী ব্যয়সাধ্য। (৪) তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে আয়রণ জিঙ্কের নীচে কিন্তু টিনের উপরে আছে বলিয়া জিঙ্ক আয়রণের চেয়ে অধিকতর ধনাত্মক তড়িৎধর্মী

ধাতু এবং টিন আয়রণের চেয়ে নিম্নতর ধনাত্মক তড়িৎ-ধর্মী ধাতু। সেইজন্য দস্তা-লিপ্ত লৌহদ্রব্যের কোন অংশে ফাটল ধরিলে সেই অংশেই মরিচাপড়া সীমাবদ্ধ থাকে; কিন্তু এক্ষেত্রে টিন-লিপ্ত দ্রব্যে লোহা সামগ্রিকভাবে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। (৫) জিঙ্ক যৌগের বিষক্রিয়া থাকায় দস্তা-লিপ্ত পাত্র খাদ্যদ্রব্য রাখার অনুপযোগী; এই হিসাবে টিন-লেপন অধিকতর উপযোগী। (৬) দস্তা-লেপন অপেক্ষাকৃত কম স্থায়ী; সেই তুলনায় টিন-লেপন বেশী স্থায়ী।

প্রশ্ন : ২৯৪। (ক) অ্যালুমিনিয়ামের প্রধান আকরিক কি? (খ) ভারতের কোথায় অ্যালুমিনিয়ামের খনি আছে এবং কোথায় অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশিত হয়? (গ) বক্সাইট হইতে কিরূপে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা হয়? (ঘ) ইহার ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) বক্সাইট $Al_2O_3.2H_2O$ অ্যালুমিনিয়ামের প্রধান আকরিক। ইহাতে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড 50 – 60% থাকে এবং প্রধানতঃ আয়রণ অক্সাইড Fe_2O_3, সিলিকা SiO_2 ও অন্যান্য অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। লাল বা বাদামী বক্সাইটে Fe_2O_3 বেশী থাকে কিন্তু বক্সাইটে সিলিকার পরিমাণ বেশী হইলে উহার বর্ণ সাদা হয়।

(খ) ভারতের বিহার, যুক্তপ্রদেশ, মহারাষ্ট্র, তামিলনাড়ু, মহীশূর এবং কাশ্মীরে উন্নত মানের বক্সাইটের খনি আছে। পশ্চিমবঙ্গের আসানসোলে, উড়িষ্যার হিরাকুদে, উত্তর প্রদেশের রিহাণ্ড ড্যামে, কেরালায় এবং মহারাষ্ট্রে এই সমস্ত বক্সাইট আকরিক হইতে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন করা হয়।

(গ) **নিষ্কাশন**—পৃথিবীর চাহিদার সমস্ত অ্যালুমিনিয়াম বক্সাইট আকরিক হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয়। বক্সাইটে Fe_2O_3 ও সিলিকা প্রধান অপদ্রব্যরূপে থাকে। সেইজন্য তড়িৎ-বিশ্লেষণের পূর্বে বক্সাইটকে বিশুদ্ধ করা দরকার হয়। অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন তিনটি পর্যায়ে বিভক্ত; যথা—(১) বক্সাইট বিশুদ্ধি করণ; (২) অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ ও (৩) উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন।

(১) **বক্সাইট বিশুদ্ধিকরণ : বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা** প্রস্তুতি—সাধারণতঃ লাল বক্সাইট বেয়ার পদ্ধতিতে এবং সাদা বক্সাইট সারপেক পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ করা হয়।

(i) **বেয়ার পদ্ধতি**—বিচূর্ণ বক্সাইটকে প্রথমে বায়ুতে উত্তপ্ত করিয়া ভস্মীভূত করা হয়। অতঃপর বক্সাইটকে গাঢ় 45% কষ্টিক সোডা দ্রবণে মিশাইয়া মিশ্রণটিকে অতিরিক্ত চাপে (80 পাউণ্ড) রাখিয়া 150°C উষ্ণতায় আবদ্ধ লৌহপাত্রে উত্তপ্ত করা হয়। বক্সাইটস্থিত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড সোডিয়াম অ্যালুমিনিটে পরিণত হইয়া দ্রবীভূত হয়, সামান্য সিলিকাও সোডিয়াম সিলিকেটরূপে দ্রবীভূত হইয়া যায় কিন্তু ফেরিক অক্সাইড অপরিবর্তিত থাকে। $Al_2O_3+2NaOH=2NaAlO_2+H_2O$; $SiO_2+2NaOH=Na_2SiO_3+H_2O$.

অপদ্রব্য ফেরিক অক্সাইড ও অন্যান্য অপদ্রব্য ছাঁকিয়া লইয়া দ্রবণে জল ঢালিয়া উহা লঘু করা হয়। অতঃপর দ্রবণে সদ্য-প্রস্তুত সামান্য অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিয়া দ্রুত আলোড়িত করিলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেটের আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে

অদ্রাব্য অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ ছাঁকিয়া শুষ্ক করিয়া ও পরে উহাকে অধিক উষ্ণতায় তাপিত করিলেই বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা পাওয়া যায়। $NaAlO_2+2H_2O=Al(OH)_3+NaOH$; $2Al(OH)_3=Al_2O_3+3H_2O$. উৎপন্ন কষ্টিক সোডার লঘু দ্রবণকে গাঢ় করিয়া পুনরায় ব্যবহার করা হয়।

(*ii*) **সারপেক পদ্ধতি**—সাদা বক্সাইটকে কার্বন-চূর্ণের সহিত মিশাইয়া চুল্লীতে 1800°C উষ্ণতায় নাইট্রোজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়; অত্যধিক উষ্ণতায় সিলিকন বাষ্পীভূত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডের সহিত বাহির হইয়া যায়। উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডকে লঘু কষ্টিক সোডা দ্রবণে উষ্ণ অবস্থায় আলোড়িত করিলে ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয়। এই অধঃক্ষেপ যথারীতি সংগ্রহ করিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনা পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়।

$$Al_2O_3+3C+N_2=2AlN+3CO\ ;\ SiO_2+2C=Si+2CO$$
$$AlN+3H_2O=Al(OH)_3+NH_3\ ;\ 2Al(OH)_3=Al_2O_3+3H_2O$$

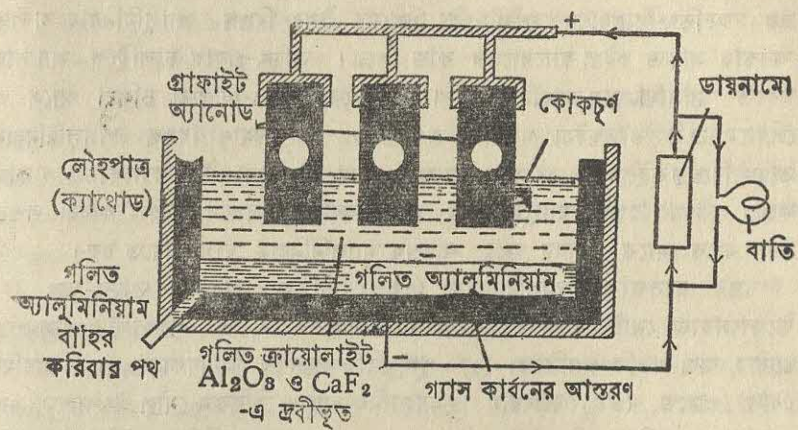
(২) **অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ**—বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা গলিত ক্রায়োলাইট ও ফ্লুয়োস্পারে দ্রবীভূত করিলে উত্তম তড়িৎ-পরিবাহী হয়। 950°C উষ্ণতায় ইহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে শুধুমাত্র অ্যালুমিনা বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্যাথোডে গলিত অ্যালুমিনিয়াম এবং অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$Al_2O_3 \rightleftharpoons 2Al^{+++}+3O^{--}$; ক্যাথোডে : $Al^{+++}+3e=Al$.

অ্যানোডে : $O^{--}-2e=O$; $2O=O_2$.

লৌহ-নির্মিত আয়তাকার পাত্র অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়। ইহার ভিতরের দেওয়ালে ও তলদেশে পুরু গ্যাস-কার্বনের আস্তরণ থাকে; ইহা ক্যাথোড হিসাবে কাজ করে। একটি কপার দণ্ড হইতে এক সারি গ্রাফাইট দণ্ড পাত্রের মধ্যে ঝুলান থাকে; ইহা অ্যানোডরূপে কাজ করে। পাত্রের মধ্যে বিচূর্ণ ক্রায়োলাইট (60 ভাগ) রাখিয়া তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে ইহাকে গলান হয়। অতঃপর উহার ভিতর বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা (20 ভাগ) এবং ফ্লুয়োস্পার (20 ভাগ) যোগ করা হয়; উহারা সঙ্গে সঙ্গে ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত হয়। এই সময় মিশ্রণের উষ্ণতা প্রায় 950°C থাকে। ইহার উপরিভাগে কিছু কোক-চূর্ণ ছড়াইয়া দেওয়া হয়। গ্রাফাইট অ্যানোড গলিত মিশ্রণে আংশিক নিমজ্জিত থাকে। এখন যথারীতি তড়িৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিলে অ্যালুমিনা বিশ্লিষ্ট হয় এবং অ্যালুমিনিয়াম ক্যাথোডে মুক্ত হইয়া গলিত অবস্থায় ক্রায়োলাইট মিশ্রণের নীচে জমিতে থাকে। পাত্রের নিম্নভাগে অবস্থিত একটি নির্গম-নলের সাহায্যে প্রয়োজনমত গলিত অ্যালুমিনিয়াম বাহির করা হয়। অক্সিজেন অ্যানোডে নির্গত হয় এবং উচ্চ উষ্ণতায় গলিত মিশ্রণের উপর ছড়ানো কোক-চূর্ণের সহিত বিক্রিয়ায় CO ও CO_2 উৎপন্ন করিয়া জ্বলিতে থাকে। ইহাতে গ্রাফাইট অ্যানোডের

ক্ষয় অনেকাংশে হ্রাস পায়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্রায়োলাইট ও ফ্লুয়োস্পার অপরিবর্তিত থাকে কিন্তু মিশ্রণে অ্যালুমিনার পরিমাণ ক্রমশঃ কমিতে থাকে এবং এক

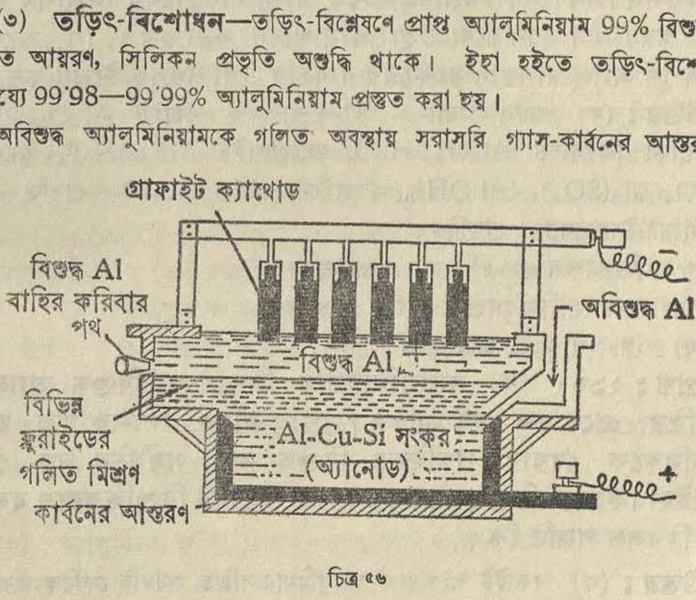


চিত্র ৫৫

সময় বর্তনীতে সংলগ্ন একটি বাল্ব জ্বলিয়া উঠে। তখন পাত্রের ভিতর আরও অ্যালুমিনা যোগ করা হয় এবং এইভাবে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন অবিরাম চলিতে থাকে। এই অ্যালুমিনিয়াম 99% বিশুদ্ধ।

(৩) **তড়িৎ-বিশোধন**—তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রাপ্ত অ্যালুমিনিয়াম 99% বিশুদ্ধ এবং ইহাতে আয়রণ, সিলিকন প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। ইহা হইতে তড়িৎ-বিশোধনের সাহায্যে 99·98—99·99% অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করা হয়।

অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামকে গলিত অবস্থায় সরাসরি গ্যাস-কার্বনের আস্তরণ যুক্ত



চিত্র ৫৬

একটি তড়িৎ কোষে লওয়া হয়। ইহা সর্বাপেক্ষা ভারী নীচের স্তর সৃষ্টি করে এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণে অ্যানোডের কাজ করে। এই স্তরের উপর সোডিয়াম ফ্লোরাইড,

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ও বেরিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে গলিত অবস্থায় থাকে এবং ইহার উপরে কয়েকটি গ্রাফাইট দণ্ড ক্যাথোড হিসাবে রাখা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে এই মিশ্রণের উপর বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম গলিত অবস্থায় সঞ্চিত হইয়া ক্যাথোডের কাজ করে। তড়িৎ-প্রবাহ চালাইলে অ্যানোড হইতে অ্যালুমিনিয়াম আয়নিত হইয়া মধ্যম স্তরের তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে চলিয়া আসে ও সেখানে দ্রবীভূত হইয়া যায়। অপরদিকে সম-পরিমাণ বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হইতে উপরের ক্যাথোড স্তরে জমা হয় এবং উহা ক্যাথোডরূপে কাজ করে। উৎপন্ন বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম পার্শ্বে অবস্থিত ছিদ্রপথে বাহির করিয়া লওয়া হয়। মাঝে মাঝে সর্বনিম্ন স্তরে অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম যোগ করিতে হয়।

(ঘ) **ব্যবহার**—অ্যালুমিনিয়াম (১) বৈদ্যুতিক তার ও তড়িৎ-যন্ত্রে, (২) উড়োজাহাজ, মোটর গাড়ী প্রভৃতির কাঠামো প্রস্তুতকরণে, (৩) গৃহস্থালীর বাসনপত্র, চেয়ার, বাক্স প্রভৃতি প্রস্তুতিতে, (৪) পুল, সিড়ি প্রভৃতির নির্মাণকার্যে, (৫) থারমিট বোমা প্রস্তুতে, (৬) ক্রোমিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ ধাতু ও সিলিকন মৌল উৎপাদনে, এবং (৭) মুদ্রা, বাজি প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণ রং হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ম্যাগনেসিয়াম, ডুরালুমিন, অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ, Y-সংকর প্রভৃতি বিশিষ্ট গুণসম্পন্ন সংকর-ধাতু প্রস্তুতিতে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ২৯৫। (ক) অ্যালুমিনিয়ামের উল্লেখযোগ্য খনিজগুলির নাম সংকেতসহ লিখ। (খ) বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়ামের নিষ্কাশন পদ্ধতি বর্ণনা কর। (গ) কিরূপে ইহা পরিশোধন করা হয়? (ঘ) কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ অ্যালুমিনিয়াম-সংকরের ব্যবহার উপাদানসহ উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) অ্যালুমিনিয়ামের প্রধান আকরিক বক্সাইট $Al_2O_3.2H_2O$. ইহা ছাড়া জিবসাইট $Al_2O_3.3H_2O$, ক্রায়োলাইট $AlF_3.3NaF$, অ্যালুনাইট $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.4Al(OH)_3$, স্পাইনেল $MgO.Al_2O_3$ প্রভৃতি অ্যালুমিনিয়ামের উল্লেখযোগ্য আকরিক।

(খ) **নিষ্কাশন**—২৯৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(গ) ২৯৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের শেষ অংশ দেখ।

(ঘ) ২৭৮ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ২৯৬। (ক) অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুতির প্রয়োজন হয় কেন? (খ) অধিক সিলিকাযুক্ত বক্সাইট আকরিককে বেয়ার পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ করা সমীচিন নয় কেন? (গ) ইহা কিভাবে বিশুদ্ধ করা হয়? (ঘ) বক্সাইট বিশুদ্ধিকরণে হল তথা শুষ্ক বিগলন পদ্ধতি কি?

উত্তর : (ক) বক্সাইট আকরিকে অ্যালুমিনার সহিত সর্বদাই ফেরিক অক্সাইড ও সিলিকা মিশ্রিত থাকে। এই অবিশুদ্ধ বক্সাইটকে গলিত ক্রায়োলাইট ও ফ্লুয়োস্পারে দ্রবীভূত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে যে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায় তাহা খুবই

অবিশুদ্ধ হয় এবং ইহাতে অধিক পরিমাণে আয়রণ ও সিলিকন মিশ্রিত থাকে। ফলে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম ভঙ্গুর হয় এবং ইহা সহজেই জল দ্বারা আক্রান্ত হয়। কিন্তু বিশুদ্ধ অ্যালুমিনার যথারীতি তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম 99% বিশুদ্ধ হয় এবং ইহার উপরোক্ত ত্রুটিগুলি থাকে না।

(খ) বেয়ার পদ্ধতি কম সিলিকাযুক্ত লাল বক্সাইটের শোধনে ব্যবহৃত হয়। কারণ বক্সাইটে সিলিকার পরিমাণ বেশী থাকিলে এই পদ্ধতিতে আকরিকস্থিত অধিক অ্যালুমিনিয়াম ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট গঠন করিয়া নষ্ট হয়। সেইজন্য অধিক সিলিকাযুক্ত বক্সাইটের শোধনে বেয়ার পদ্ধতি উপযুক্ত নয়।

(গ) অধিক সিলিকাযুক্ত সাদা বক্সাইট সারপেক পদ্ধতিতে শোধন করা হয়। (বিবরণের জন্য ২৯৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।)

(ঘ) **হল বা শুষ্ক বিগলন পদ্ধতি**—ইহা অতি পুরাতন পদ্ধতি। বিচূর্ণ বক্সাইটের সহিত সোডিয়াম কার্বনেট উত্তমরূপে মিশাইয়া চুল্লীতে প্রায় 1100°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে বিগলিত সোডিয়াম কার্বনেট বক্সাইটস্থিত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম অ্যালুমিনেট উৎপন্ন করে; এইসঙ্গে সোডিয়াম সিলিকেট এবং সোডিয়াম ফেরাইটও গঠিত হয়। $Al_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaAlO_2 + CO_2$. উৎপন্ন মিশ্রণটি ঠাণ্ডা করিয়া জলে দ্রাবিত করিলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবীভূত হয় কিন্তু সিলিকা সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটরূপে এবং উৎপন্ন সোডিয়াম ফেরাইট জলের সহিত বিক্রিয়ায় ফেরিক হাইড্রক্সাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষেপ ছাঁকিয়া লইয়া পরিষ্কার দ্রবণের মধ্য দিয়া 50° – 60°C উষ্ণতায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে অ্যালুমিনেট আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ ছাঁকিয়া শুষ্ক করিয়া ভস্মীভূত করিলে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা পাওয়া যায়। $2NaAlO_2 + CO_2 + 3H_2O = 2Al(OH)_3 + Na_2CO_3$; $2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$.

প্রশ্ন : ২৯৭। (ক) বক্সাইট হইতে কিভাবে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা পাওয়া যায়? (খ) কিরূপে অ্যালুমিনাকে ধাতব অ্যালুমিনিয়ামে রূপান্তরিত করা হয়? (গ) অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণে ফ্লুয়োস্পার ও ক্রায়োলাইটের ভূমিকা কি?

উত্তর : (ক) **বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুতি**—২৯৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ এবং ২৯৬ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) ২৯৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ 'অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ' দেখ।

(গ) অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণে ফ্লুয়োস্পার তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের তরলতা বৃদ্ধি করে অর্থাৎ ইহার উপস্থিতিতে মিশ্রণের সান্দ্রতা হ্রাস প্রায়।

অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ সরাসরি হয় না; ক্রায়োলাইটের মাধ্যমে ইহার তড়িৎ-বিশ্লেষণ সংঘটিত হয়। প্রথমে ক্রায়োলাইট বিশ্লিষ্ট হইয়া অ্যালুমিনিয়াম ও

ফ্লুরিণ উৎপন্ন করে। পরে ফ্লুরিণ অ্যালুমিনার সহিত বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে এবং অক্সিজেন নির্গত হয়।

$AlF_3.3NaF$ (ক্রায়োলাইট) $= AlF_3 + 3NaF$; $AlF_3 \rightleftharpoons Al^{+++} + 3F^-$

ক্যাথোডে : $Al^{+++} + 3e = Al.$

অ্যানোডে : $F^- - e = F$; $Al_2O_3 + 6F = 2AlF_3 + 3O$; $2O = O_2.$

$AlF_3 + 3NaF = AlF_3.3NaF$ (ক্রায়োলাইট)

প্রশ্ন : ২৯৮। (ক) লেডের প্রধান আকরিক কি? উহাতে কি কি মিশ্রিত থাকে? (খ) ইহা হইতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে লেডের নিষ্কাশন বর্ণনা কর। (গ) লেডের ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) গ্যালেনা, PbS লেডের প্রধান আকরিক। ইহাতে জিঙ্ক, সিলভার, কপার, বিসমাথ প্রভৃতি ধাতব সালফাইড এবং মাটি, বালি প্রভৃতি অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। সাধারণতঃ গ্যালেনা আকরিকে 8-10% লেড সালফাইড থাকে।

(খ) **নিষ্কাশন : কার্বন বিজারণ পদ্ধতি**—অধুনা গ্যালেনা হইতে মারুত-চুল্লীতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া লেড নিষ্কাশিত করা হয়। ইহা চারিটি পর্যায়ে বিভক্ত ; যথা—(১) গাঢ়ীকরণ, (২) তাপ-জারণ, (৩) বিগলন ও (৪) বিশোধন।

(১) **গাঢ়ীকরণ : তৈল ভাসন পদ্ধতি**—বিচূর্ণ গ্যালেনা আকরিককে জল ও সামান্য পাইন তেলের সঙ্গে মিশাইয়া মিশ্রণের ভিতর দিয়া বায়ু-প্রবাহ চালনা করা হয়; উৎপন্ন ফেনার সহিত গ্যালেনাসহ ধাতব সালফাইডগুলি উপরে ভাসিয়া উঠে এবং মাটি, বালি প্রভৃতি অপদ্রব্যগুলি জলের নীচে থিতাইয়া পড়ে। ধাতব সালফাইড ছাঁকিয়া শুষ্ক করিলে গাঢ় আকরিক পাওয়া যায় ; ইহাতে 60 – 70% লেড সালফাইড থাকে।



চিত্র ৫৭

তাপ-জারণ—গাঢ়ীকৃত গ্যালেনার সহিত বিগালক হিসাবে কিছু চুন মিশাইয়া লৌহ-নির্মিত বালতি আকারের চুল্লীতে বায়ু প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। চুল্লীর উপরিভাগ ঢাকনাযুক্ত এবং উহাতে গ্যাস-নির্গমনের নল আছে। ইহার তলদেশ সচ্ছিদ্র এবং মেঝেতে কোক-কয়লার স্তর থাকে। ইহার তলদেশ দিয়া চুল্লীর অভ্যন্তরে বায়ু প্রবেশ করান হয়। প্রথমে বায়ু প্রবাহে কোক পুড়িয়া চুল্লীটিকে উত্তপ্ত করে, কিন্তু পরে বিক্রিয়া-জাত উদ্ভূত তাপ চুল্লীর অভ্যন্তরে প্রয়োজনীয় উষ্ণতা

বজায় রাখে। উত্তপ্ত বায়ু দ্বারা লেড সালফাইড জারিত হইয়া লেড অক্সাইডে পরিণত হয়; ইহাতে সামান্য লেড সালফেটও গঠিত হয়। কোন লেড সিলিকেট গঠিত হইলে তাহা চুনের সহিত বিক্রিয়ায় পুনরায় লেড অক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন SO_2 বায়ুর সঙ্গে উপরের নির্গম নল দিয়া নিষ্ক্রান্ত হয়। লেড অক্সাইড অধিক উষ্ণতায় গলে এবং পরে হাল্‌কা ডেলার আকারে জমা হয়। $2PbS+3O_2=2PbO+2SO_2$; $PbS+2O_2=PbSO_4$; $PbSiO_3+CaO=CaSiO_3+PbO$

(৩) **বিগলন**—তাপ-জারিত আকরিকের ডেলাকে ভাঙ্গিয়া ছোট ছোট টুকরা করিবার পর কোক এবং বিগালকরূপে ফেরিক অক্সাইড ও অল্প চুনের সহিত মিশাইয়া মারুত-চুল্লীতে তপ্ত বায়ু প্রবাহে 1000°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। প্রথমে কোক পুড়িয়া কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে এবং প্রচুর তাপ সৃষ্টি করে। অধিক উষ্ণতায় লেড অক্সাইড কার্বন ও উৎপন্ন কার্বন-মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া ধাতব লেডে পরিণত হয় এবং বিগলিত অবস্থায় চুল্লীর নিম্নাংশে জমা হয়: $PbO+C=Pb+CO$; $PbO+CO=Pb+CO_2$. কিছু অবিকৃত লেড সালফাইড থাকিলে উহা অধিক উষ্ণতায় লেড অক্সাইডের সহিত এবং কার্বনের উপস্থিতিতে ফেরিক অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় লেড উৎপন্ন করে। লেড সালফেট থাকিলে তাহাও লেডে পরিণত হয়। $PbS+2PbO=3Pb+SO_2$; $2PbS+Fe_2O_3+3C=2Pb+2FeS+3CO$; $PbS+PbSO_4=2Pb+2SO_2$. আকরিকস্থিত সিলিকাজাতীয় অপদ্রব্য চুনের সহিত বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতুমল উৎপন্ন করে: $CaO+SiO_2=CaSiO_3$. ইহা উৎপন্ন ফেরাস সালফাইড ও অন্যান্য অপদ্রব্যের সহিত গলিত অবস্থায় বিগলিত লেডের উপর ভাসিতে থাকে। দুইটি পৃথক নল দ্বারা গলিত ধাতুমল ও লেড ধাতু চুল্লী হইতে বাহির করা হয়।

(৪) **বিশোধন**—এইভাবে প্রাপ্ত লেড বিশুদ্ধ নয়। ইহাতে সামান্য কপার, আয়রণ, বিসমাথ, সিলভার, গোল্ড, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি, সালফার প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। সেই কারণে ইহা শক্ত হয়। বিশুদ্ধ লেড খুবই নরম; সেইজন্য লেডের বিশোধন অর্থাৎ অশুদ্ধি অপসারণকে লেডের মৃদুকরণ বলে।

অবিশুদ্ধ লেডকে পরাবর্ত চুল্লীবক্ষে রাখিয়া বায়ু-প্রবাহে ধীরে ধীরে গলাইলে সালফার ও আর্সেনিক উদ্বায়ী অক্সাইডরূপে অপসারিত হয় এবং কপার, আয়রণ ও অ্যান্টিমনি জারিত হইয়া অক্সাইডের স্তর বা গাদ সৃষ্টি করিয়া গলিত লেডের উপর ভাসিয়া উঠে। ইহাকে উপর হইতে সরাইলেই নরম লেড পাওয়া যায়। কিন্তু এই লেডে গোল্ড ও সিলভার থাকিয়া যায়।

অতি বিশুদ্ধ লেড সাধারণতঃ বেট্‌-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে পাওয়া যায়। অবিশুদ্ধ লেডের দণ্ড অ্যানোডরূপে এবং বিশুদ্ধ লেডের পাত ক্যাথোডরূপে ফ্লুয়ো-সিলিসিক অ্যাসিড (H_2SiF_6)-যুক্ত লেড সিলিকো-ফ্লুরাইড দ্রবণের ভিতর রাখিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালাইলে অ্যানেড হইতে লেড ধীরে ধীরে দ্রবণে চলিয়া যায় এবং বিশুদ্ধ

লেড ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। অন্যান্য ধাতুগুলি অ্যানোড হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া নীচে থিতাইয়া পড়ে ; পরে এই অ্যানোড কাদা হইতে মূল্যবান ধাতু উদ্ধার করা হয়।

(গ) **ব্যবহার**—(১) জলের নল, চৌবাচ্চা, সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রকোষ্ঠ ও ঘরের ছাদের আচ্ছাদনী প্রস্তুতিতে, (২) ব্যাটারী ও বন্দুকের গুলি উৎপাদনে, (৩) শ্বেত-সীসা, রেড লেড, লিথার্জ, লেড ক্রোমেট প্রভৃতি রং প্রস্তুতিতে এবং (৪) তড়িৎ-বাহী তারের আবরক হিসাবে লেড ব্যবহৃত হয়। লেড টেট্রা-ইথাইল প্রস্তুতিতেও প্রচুর লেড লাগে। অক্ষর ধাতু, ঝালাই ধাতু, ফ্রারী ধাতু, পিউটার প্রভৃতি বিশিষ্ট গুণসম্পন্ন ধাতু-সংকর উৎপাদনে লেড ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ২৯৯। (ক) লেডের কয়েকটি আকরিকের নাম কর। (খ) গ্যালেনা হইতে লেড নিষ্কাশনের স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। (গ) লেডের মৃদুকরণ কাহাকে বলে ?

উত্তর : (ক) লেডের প্রধান আকরিক গ্যালেনা, PbS. ইহা ছাড়া সেরুসাইট $PbCO_3$, অ্যাংগ্লেসাইট $PbSO_4$, লার্কানাইট $PbO.PbSO_4$, ক্রোকোইসাইট $PbCrO_4$ প্রভৃতি লেডের অন্যান্য আকরিক।

(খ) **নিষ্কাশন : স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি**—গ্যালেনা আকরিকে লেড সালফাইডের পরিমাণ বেশী থাকিলে এই পদ্ধতিতে লেড নিষ্কাশন করা হয়। ইহাতে পরাবর্ত চুল্লীতে একই সঙ্গে তাপ-জারণ ও বিগলন প্রক্রিয়া পর্যায়ক্রমে ঘটাইলে ধাতব লেড উৎপন্ন হয়।

(১) **তাপ-জারণ**—একটি পরাবর্ত চুল্লীবক্ষে গ্যালেনা রাখিয়া চুল্লীর সমস্ত দরজা-জানালা খুলিয়া নিয়ন্ত্রিত বায়ুর উপস্থিতিতে মাঝামাঝি উষ্ণতায় উহাকে উত্তপ্ত করা হয় ; ইহাতে গ্যালেনার কিয়দংশ জারিত হইয়া লেড অক্সাইড ও লেড সালফেটে পরিণত হয়।

$$2PbS+3O_2=2PbO+2SO_2 \;;\; PbS+2O_2=2PbSO_4$$

(২) **বিগলন**—অতঃপর চুল্লীতে সামান্য চুন যোগ করিয়া উহার দরজা-জানালা বন্ধ করা হয় এবং তাপ-জারিত আকরিককে আবদ্ধ অবস্থায় লোহিত-তপ্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। ফলে অবিকৃত লেড সালফাইড লেড অক্সাইড ও লেড সালফেটকে বিজারিত করিয়া লেড ধাতু উৎপন্ন করে। আকরিকস্থিত অপদ্রব্যের সহিত চুনের বিক্রিয়ায় ধাতুমল গঠিত হয়। উৎপন্ন লেড বিগলিত অবস্থায় চুল্লী হইতে বাহিরে আনা হয়। $2PbO+PbS=3Pb+SO_2$; $PbSO_4+PbS=2Pb+2SO_2$.

এই লেড অবিশুদ্ধ ও শক্ত। ইহাকে পরে বিশোধন করা হয়। [বিবরণের জন্য ২৯৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের শেষ অংশ দেখ।]

(গ) ২৯৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের শেষ অংশ 'বিশোধন' দেখ।

প্রশ্ন : ৩০০। (ক) আয়রণের প্রধান আকরিকগুলির নাম কি ? (খ) আকরিক হইতে কাস্ট বা পিগ আয়রণ নিষ্কাশন বর্ণনা কর। (গ) কাস্ট আয়রণে কি কি অশুদ্ধি থাকে ? (ঘ) ইহার কয়েকটি ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) লাল হিমাটাইট Fe_2O_3, বাদামী হিমাটাইট বা লিমোনাইট $2Fe_2O_3.3H_2O$, ম্যাগনেটাইট Fe_3O_4 এবং স্প্যাথিক লৌহ-খনিজ $FeCO_3$ আয়রণের প্রধান আকরিক।

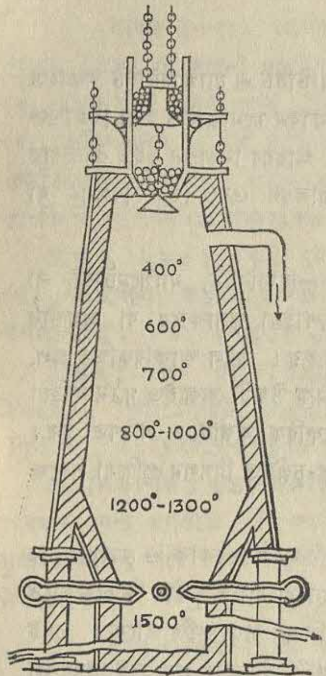
(খ) **কাস্ট বা পিগ আয়রণ নিষ্কাশন**—হিমাটাইট ও ম্যাগনেটাইট অক্সাইড আকরিককে মারুত চুল্লীতে অধিক উষ্ণতায় কার্বন ও কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত করিয়া কাস্ট বা পিগ আয়রণ উৎপাদন করা হয়। আয়রণ নিষ্কাশন দুইটি প্রক্রিয়ায় বিভক্ত; যথা—(১) প্রাথমিক তাপ-জারণ বা ভস্মীকরণ এবং (২) বিগলন বা বিজারণ।

(১) **প্রাথমিক তাপ-জারণ বা ভস্মীকরণ**—হিমাটাইট, ম্যাগনেটাইট বা স্প্যাথিক লৌহ-খনিজকে সামান্য কয়লার সহিত মিশাইয়া স্তূপাকারে বা অগভীর ভাঁটিতে সাজাইয়া নিয়ন্ত্রিত বায়ু-প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। ফলে আকরিকস্থিত জল, কার্বন ডাই-অক্সাইড দূরীভূত হয়; সালফার ও আর্সেনিক উদ্বায়ী অক্সাইড গঠন করিয়া নির্গত হয় এবং ফেরাস অক্সাইড জারিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়। ইহাতে আকরিক ঝাঁঝরা ও হাল্কা হয় বলিয়া মারুত-চুল্লীতে বিগলন প্রক্রিয়া সহজে ও সুষ্ঠুভাবে নিষ্পন্ন হয়।

বিগলন—ভস্মীকৃত বা তাপ-জারিত সচ্ছিদ্র আকরিক, শক্ত কোক ও চুনাপাথরের মিশ্রণ (5 : 2 : 1 অনুপাতে) বাটি ও শঙ্কু ব্যবস্থার সাহায্যে মারুত চুল্লীর ভিতরে মাঝে মাঝে ঢালা হয় যাহাতে চুল্লীর প্রায় $\frac{4}{5}$ অংশ সর্বদা মিশ্রণ দ্বারা ভর্তি থাকে। সেই সঙ্গে টায়ারের মধ্য দিয়া শুষ্ক ও উত্তপ্ত বায়ু প্রায় 800°C উষ্ণতায় এবং দুই বায়ুমণ্ডল চাপে প্রথমে ধীরে ও পরে প্রবলবেগে চুল্লীর ভিতরে প্রবেশ করান হয়। প্রারম্ভিক পর্যায়ে চুল্লীকে কার্যকরী অবস্থায় আনিতে চুল্লীবক্ষে কিছু শুষ্ক কাঠ পোড়াইয়া উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহের ফলে কোক পুড়িয়া প্রভূত তাপ সৃষ্টি করিয়া মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে। চুল্লীবক্ষের উষ্ণতা 1500°C থাকে এবং উপরের দিকে উষ্ণতা ক্রমশঃ হ্রাস পাইয়া চুল্লীর মুখে উষ্ণতা প্রায় 300° – 400°C হয়। মিশ্রণটি চুল্লীর অভ্যন্তরে নীচের দিকে নামিবার সময় ইহার বিভিন্ন অংশে ভিন্ন ভিন্ন উষ্ণতায় ফেরিক অক্সাইড, কার্বন ও চুনাপাথরের মধ্যে নানারূপ বিক্রিয়া ঘটে এবং পরিশেষে ধাতব আয়রণ উৎপন্ন হইয়া গলিত অবস্থায় চুল্লীবক্ষে সঞ্চিত হয় ও গলিত ধাতুমল ইহার উপরে ভাসিতে থাকে।

মারুত-চুল্লীতে রাসায়নিক বিক্রিয়া—চুল্লীর ভিতরে উষ্ণতা সর্বত্র সমান থাকে না। উহার মুখের কাছে সর্বনিম্ন উষ্ণতা 300°—400°C, মাঝখানে 800°—1000°C, বসের নিকট 1200°—1300°C এবং চুল্লীবক্ষে সর্বাধিক 1500°C. টায়ারের মধ্য দিয়া চুল্লীর ভিতরে প্রেরিত শুষ্ক ও উত্তপ্ত বায়ুস্থিত অক্সিজেন কোকের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে। এই ঊর্ধ্বাভিমুখী উত্তপ্ত CO গ্যাস নিম্নাভিমুখী কঠিন উপাদানগুলি যথা ভস্মীকৃত আকরিক (Fe_2O_3), কোক ও চুনাপাথরের

সহিত চুল্লীর বিভিন্ন স্তরে ভিন্ন ভিন্ন উষ্ণতায় মিলিত হয় এবং নিম্নলিখিত বিক্রিয়াসমূহ সংঘটন করিয়া আয়রণ উৎপন্ন করে। কোক বিজারক ও জ্বালানী দুইভাবেই এবং চুনাপাথর বিগালকরূপে ক্রিয়া করে।



চিত্র ৫৮

(i) বসের উপরের অংশে 600°—900°C উষ্ণতায় ফেরিক অক্সাইড কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া স্পঞ্জের মত আয়রণ উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি উভমুখী বলিয়া এই পর্যায়ে বিজারণ ক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় না। কিছু ফেরিক অক্সাইডও এই উষ্ণতায় কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া আয়রণে পরিণত হয়। স্পঞ্জের মত এই আয়রণ কোক হইতে সালফার শোষণ করিয়া লয়। $Fe_2O_3+3CO \rightleftharpoons 2Fe+3CO_2$; $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$.

(ii) চুল্লীর উপরিভাগে 800°C উষ্ণতায় চুনাপাথর বিয়োজিত হইয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও CO_2 উৎপন্ন করে। ইহার কিছু অংশ উত্তপ্ত কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO+CO_2$; $CO_2+C=2CO$.

(iii) চুল্লীর মধ্যস্থলে 900°C উষ্ণতায় কার্বন মনোক্সাইড বিয়োজিত হইয়া অতি সূক্ষ্ম কার্বনের গুঁড়া সৃষ্টি করে ; ইহাই অবশিষ্ট ফেরিক অক্সাইডকে সম্পূর্ণরূপে আয়রণে বিজারিত করে। এই পর্যায়ে আকরিকের সমস্ত ফেরিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া আয়রণে পরিণত হয়। $2CO \rightleftharpoons CO_2+C$; $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$.

(iv) চুল্লীর এই উষ্ণতায় উৎপন্ন ক্যালসিয়াম অক্সাইড আকরিকে অবস্থিত বালি ও ঐ জাতীয় অন্যান্য অপদ্রব্যের সহিত যুক্ত হইয়া গলিত ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতুমল সৃষ্টি করে এবং চুল্লীবক্ষে আসিয়া জমা হয়। $CaO+SiO_2=CaSiO_3$.

(v) চুল্লীর নিম্নাংশে 1300°C উষ্ণতায় আকরিকস্থিত ম্যাঙ্গানিজ যৌগ, ক্যালসিয়াম ফসফেট এবং কিছু সিলিকা প্রভৃতিও কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া যথাক্রমে ম্যাঙ্গানিজ, ফসফরাস ও সিলিকন মৌলে পরিণত হয়। এই সমস্ত মৌল সমেত অল্প পরিমাণ কার্বন এই পর্যায়ে আয়রণ দ্বারা শোষিত হয়। অন্যান্য যে সকল যৌগ অবশিষ্ট থাকে উহারা ক্যালসিয়াম সিলিকেটের সহিত মিশিয়া ধাতুমলে পরিণত হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2+3SiO_2+5C=3CaSiO_3+2P+5CO$$

$$SiO_2+2C=Si+2CO \; ; \; Mn_2O_3+3C=2Mn+3CO$$

(vi) চুল্লীবক্ষে নিম্নতম অংশে 1500°C উষ্ণতায় স্পঞ্জের মত আয়রণ শোষিত কার্বন, ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন, ফসফরাস, সালফার প্রভৃতি অশুদ্ধি সমেত একেবারে গলিয়া যায়। ধাতুমল আয়রণ অপেক্ষা অনেক হাল্কা বলিয়া গলিত আয়রণের স্তরের উপরে গলিত ধাতুমলের স্তর গঠিত হয়। ফলে গলিত আয়রণ বায়ু-প্রবাহ দ্বারা জারিত হইতে পারে না। উপযুক্ত পরিমাণ আয়রণ জমা হইলে দুইটি নির্দিষ্ট নির্গম-নলের সাহায্যে পৃথকভাবে প্রথমে গলিত ধাতুমল এবং পরে গলিত আয়রণকে মাঝে মাঝে বাহির করা হয়। গলিত আয়রণকে বালির ছাঁচে ঠাণ্ডা করিলে বিশেষ আকারের পিণ্ড প্রস্তুত হয়। ইহাই কাস্ট আয়রণ বা ঢালাই লোহা।

(গ) উৎপন্ন কাস্ট আয়রণে মোটামুটি 2·0—5·0% কার্বন, 0·5—2·0% সিলিকন, 0·2—1·0% ম্যাঙ্গানিজ, 0·7% ফসফরাস এবং 0·3—1·0% সালফার দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। কিছু কার্বন আয়রণ কার্বাইড Fe_3C যৌগরূপে থাকে।

(ঘ) **ব্যবহার**—অধিকাংশ কাস্ট আয়রণ ইস্পাত ও পেটা লোহা প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। কড়াই, রেলিং, নল, দণ্ড, আলোকস্তম্ভ প্রভৃতি ছাঁচে ঢালাই দ্রব্যাদি নির্মাণে কাস্ট আয়রণ ব্যবহৃত হইয়া থাকে। বড় বড় লৌহপাত্র ও ইস্ত্রী কাস্ট আয়রণ হইতে প্রস্তুত হয়।

প্রশ্ন : ৩০১। (ক) আয়রণের দুইটি প্রধান আকরিকের নাম ও সংকেত লিখ। (খ) আয়রণ নিষ্কাশনে ব্যবহৃত মারুত-চুল্লীর বিবরণ দাও এবং ইহাতে যে সমস্ত বিক্রিয়া ঘটে তাহা সমীকরণসহ উল্লেখ কর। (গ) মারুত-চুল্লীতে শুষ্ক বায়ু প্রবেশ করাইতে হয় কেন? কিভাবে ইহা শুষ্ক করা হয়? (ঘ) ধাতুমল কি কাজে লাগে?

উত্তর : (ক) আয়রণের দুইটি প্রধান আকরিক হিমাটাইট ও ম্যাগনেটাইট। হিমাটাইট দুই প্রকার : লাল হিমাটাইট ও বাদামী হিমাটাইট ; উহাদের সংকেত যথাক্রমে Fe_2O_3 এবং $2Fe_2O_3.3H_2O$. ম্যাগনেটাইটের সংকেত Fe_3O_4.

(খ) **মারুত-চুল্লী**—বিবরণের জন্য ২৭৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।

রাসায়নিক বিক্রিয়া—৩০০ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ দেখ।

(গ) টায়ারের মধ্য দিয়া চুল্লীর ভিতরে শুষ্ক ও উত্তপ্ত বায়ু প্রবেশ করান প্রয়োজন ; নচেৎ বায়ুস্থিত জলীয় বাষ্প চুল্লীর অভ্যন্তরে লোহিত-তপ্ত কোকের সহিত তাপশোষক বিক্রিয়া করিয়া চুল্লীর উষ্ণতা কমাইয়া দেয় : $C+H_2O \rightleftharpoons CO+H_2-39{,}200$ ক্যালরি। সাধারণতঃ একটি শীতলীকৃত নলের ভিতর দিয়া বায়ু প্রবাহিত করিয়া উহাকে শুষ্ক করা হয়। ইহাতে বায়ু শিশিরাঙ্কের নীচে শীতল হওয়ায় বায়ুস্থিত সমস্ত জলীয় বাষ্প নলের ভিতর শিশির বিন্দুর মত ঘনীভূত হইয়া দূরীভূত হয় এবং শুষ্ক বায়ু পাওয়া যায়। কোন কোন ক্ষেত্রে সিলিকা জেলের মধ্য দিয়া বায়ু প্রবাহিত করিয়া উহাকে শুষ্ক করা হয়।

(ঘ) ধাতুমল সিমেন্ট ও ইট উৎপাদনে, পিচের সহিত মিশাইয়া রাস্তা প্রস্তুতে এবং আরও নানা কাজে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ৩০২। (ক) সাধারণ ইস্পাত কি? কাস্ট আয়রণ হইতে

ইস্পাত বা স্টীল প্রস্তুতির নীতি লিখ? অথবা, কাস্ট আয়রণকে কিরূপে ইস্পাতে পরিণত করা যায়? (খ) ইস্পাত-সংকর কি? (গ) ইস্পাতের কঠিনীকরণ ও কোমলায়ন কাহাকে বলে? পান-দান কি?

উত্তর: (ক) **ইস্পাত বা স্টীল**—ইস্পাত মাঝামাঝি রকমের অবিশুদ্ধ আয়রণ। সাধারণ ব্যবহার্য ইস্পাতে মোটামুটি 0·5—1·5% কার্বন এবং সামান্য ম্যাঙ্গানিজ থাকে। ইস্পাতে কার্বনের পরিমাণ কম থাকিলে নরম ইস্পাত এবং বেশী থাকিলে শক্ত ইস্পাত উৎপন্ন হয়।

নীতি—কাস্ট আয়রণে প্রধানতঃ কার্বন, সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ এবং অল্প পরিমাণে ফসফরাস, সালফার প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। প্রথমতঃ উত্তপ্ত অবস্থায় বায়ু-প্রবাহে জারিত করিয়া কাস্ট আয়রণের সমস্ত অপদ্রব্য দূরীভূত করা হয়। কার্বন ও সালফার জারিত হইয়া উদ্বায়ী অক্সাইডরূপে এবং সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ ও ফসফরাস প্রভৃতি জারিত হইয়া ধাতুমল রূপে অপসারিত হয়। অতঃপর উৎপন্ন বিশুদ্ধ আয়রণে প্রয়োজনমত কার্বন ও অন্যান্য ধাতু যোগ করিয়া উত্তমরূপে মিশাইলেই নির্দিষ্ট গুণসম্পন্ন ইস্পাত পাওয়া যায়। সাধারণতঃ 'স্পাইজেল'-রূপে আয়রণ, কার্বন ও ম্যাঙ্গানিজের মিশ্রণ যোগ করা হয়। সাধারণ প্রয়োজনের সমস্ত ইস্পাতই কাস্ট আয়রণ হইতে বিসিমার অথবা ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে প্রস্তুত হয়।

(খ) **ইস্পাত-সংকর**—সাধারণ ইস্পাতে সহিত ম্যাঙ্গানিজ, ক্রোমিয়াম, নিকেল, টাংস্টেন, ভ্যানাডিয়াম, সিলিকন প্রভৃতি মৌলের এক বা একাধিক পরিমাণমত মিশাইলে বিভিন্ন গুণসম্পন্ন নানা রকমের ইস্পাত পাওয়া যায়। ইহাদিগকে ইস্পাত সংকর বলে। কলঙ্কহীন ইস্পাত, নিকেল স্টীল, ম্যাঙ্গানিজ স্টীল, ডিউরিরন, ইনভার প্রভৃতি ইস্পাত-সংকর। [বিবরণের জন্য ২৭৮ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।]

(গ) **কঠিনীকরণ**—প্রয়োজনমত ইস্পাতের কাঠিন্য পরিবর্তন করিয়া উহা বিভিন্ন গুণসম্পন্ন করা যায়। সাধারণ ইস্পাতকে লোহিত-তপ্ত করিয়া হঠাৎ শীতল জলে বা তেলে ডুবাইলে উহা তাড়াতাড়ি শীতল হইয়া কঠিন ইস্পাতে পরিণত হয়। এই ইস্পাত অত্যন্ত শক্ত কিন্তু কাচের মত ভঙ্গুর হয়। এই পদ্ধতিকে ইস্পাতের কঠিনীকরণ বলে।

কোমলায়ন—কঠিন ও ভঙ্গুর ইস্পাতকে $230^\circ-315^\circ C$ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া ধীরে ধীরে শীতল করিলে সর্বোচ্চ উষ্ণতার পরিমাপ অনুযায়ী উহার নমনীয়তার হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে। এই প্রক্রিয়ায় কঠিন ইস্পাতের ভঙ্গুরতা লোপ পায় এবং ইহার স্থিতিস্থাপকতা বাড়ে। ইহাকে ইস্পাতের কোমলায়ন বলে।

পান-দান—সাধারণ ইস্পাতকে প্রথমে কঠিন ইস্পাতে পরিণত করিয়া পুনরায় তাপ প্রয়োগ ও শীতল করিয়া উহাকে নরম করাকে পান-দান বলে। প্রয়োজনমত কঠিন ইস্পাতকে বিভিন্ন উষ্ণতায় পান দিয়া ভিন্ন ভিন্ন গুণসম্পন্ন নরম ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়।

প্রশ্ন: ৩০৩। (ক) **আয়রণ কত প্রকার ও কি কি? উহাদের উপাদান ও ধর্মের মধ্যে কি পার্থক্য থাকে? এই পার্থক্যের কারণ কি? (খ) উহাদের ব্যবহার উল্লেখ কর।**

উত্তর ঃ (ক) কার্বনের পরিমাণ অনুযায়ী আয়রণ তিন শ্রেণীতে বিভক্ত ; যথা কাস্ট আয়রণ বা ঢালাই লোহা, ইস্পাত বা স্টীল এবং রট আয়রণ বা পেটা লোহা। কার্বনের পরিমাণ বিভিন্ন বলিয়া এই তিন প্রকার আয়রণের ধর্মের মধ্যে পার্থক্য দেখা যায়।

পার্থক্য ঃ কাস্ট আয়রণ—ইহা সর্বাপেক্ষা অবিশুদ্ধ ; ইহাতে সাধারণতঃ 2—5% কার্বন এবং সামান্য ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন, ফসফরাস ও সালফার থাকে। ইহা খুব শক্ত কিন্তু অত্যন্ত ভঙ্গুর। ইহার গলনাঙ্ক 1200°C. ইহাকে পান দেওয়া, ঝাল দেওয়া, জোড়া লাগান বা স্থায়ী চুম্বকে পরিণত করা যায় না। ইহাতে সহজেই মরিচা পড়ে।

ইস্পাত—ইহাতে 0·25—1·5% কার্বন এবং সর্বদাই ম্যাঙ্গানিজ, ক্রোমিয়াম, নিকেল, টাংস্টেন প্রভৃতি মৌলের এক বা একাধিক পরিমাণমত মিশ্রিত থাকে। ইহা ঘাতসহনশীল ও ভঙ্গুর, শক্ত ও নরম সব রকমের হয়। ইহার গলনাঙ্ক 1300°—1400°C. ইহাকে পান দেওয়া, ঝাল দেওয়া, জোড়া লাগান বা স্থায়ী চুম্বকে পরিণত করা যায়। ইহাতে মরিচা পড়ে না।

রট আয়রণ—ইহা সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ ; ইহাতে 0·12—0·15% কার্বন থাকে এবং অন্যান্য অশুদ্ধি প্রায় নাই বলিলেই চলে। ইহা অপেক্ষাকৃত নরম ও ঘাতসহনশীল। ইহার গলনাঙ্ক 1500°C. ইহাকে পান দেওয়া বা স্থায়ী চুম্বকে পরিণত করা যায় না। ইহাকে ঝাল দেওয়া ও জোড়া লাগান যায়। ইহাতে মরিচা পড়ে না।

(খ) **ব্যবহার ঃ কাস্ট আয়রণ**—৩০০(ঘ)নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

ইস্পাত—ইস্পাত বিভিন্ন প্রকারের এবং ইহাকে প্রয়োজন অনুসারে বিভিন্ন গুণ-সম্পন্ন করা যায়। সেইজন্য ইহার ব্যবহার বহুমুখী। ছুরি, কাঁচি, করাত, অস্ত্রোপচারের নানাবিধ যন্ত্রপাতি, ঘড়ি, ট্রাঙ্ক, কড়িকাঠ, চুম্বক প্রভৃতি প্রয়োজনীয় জিনিস এবং রেল-লাইন, রেলের চাকা, ইঞ্জিন, গাড়ী, জাহাজ, সেতু, মেসিনগান, কামান, বন্দুক, নানাবিধ যুদ্ধাস্ত্র ও নানা ধরনের যন্ত্রপাতি নির্মাণে ইস্পাত ব্যবহৃত হয়।

রট আয়রণ—ইহা পিয়ানোর তার, শিকল, জাল, নোঙর, তড়িৎ-চুম্বকের কোর, পেরেক প্রভৃতি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ঃ ৩০৪। (ক) **কাস্ট আয়রণ হইতে পেটা লোহা বা রট আয়রণ কিরূপে প্রস্তুত করা হয় ? (খ) ইহার ব্যবহার লিখ।**

উত্তর ঃ (ক) **প্রস্তুতি**—রট আয়রণ বিশুদ্ধতর আয়রণ ; ইহাতে সামান্য কার্বন থাকে। কাস্ট আয়রণের অশুদ্ধিগুলি যথাসম্ভব অপসারিত করিলে রট আয়রণ পাওয়া যায়। সাধারণতঃ অশুদ্ধিগুলিকে বায়ুস্থিত অক্সিজেন এবং ফেরিক অক্সাইড দ্বারা জারিত করিয়া ধাতুমলরূপে অপসারিত করিলে ইহা উৎপন্ন হয়।

আলোড়ন পদ্ধতি—হিমাটাইট (Fe_2O_3) আস্তরণযুক্ত পরাবর্ত চুল্লীতে কাস্ট আয়রণ লইয়া প্রথমে গলান হয় এবং পরে উহাকে লৌহদণ্ড দ্বারা উত্তমরূপে আলোড়িত করিয়া গলিত আয়রণকে হিমাটাইট-আস্তরণ ও বায়ুর ঘনিষ্ঠ সংস্পর্শে আনা হয়। কার্বন, সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ, সালফার, ফসফরাস প্রভৃতি অশুদ্ধিগুলি হিমাটাইটস্থিত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় এবং হিমাটাইট নিজে আংশিকভাবে ফেরাস অক্সাইডে পরিণত হয়।

কার্বন জারিত হইয়া CO গঠন করে এবং গলিত আয়রণের মধ্য দিয়া বুদ্‌বুদ্‌ আকারে নির্গত হয়। অন্যান্য অক্সাইডগুলি উৎপন্ন ফেরাস অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতুমল গঠন করে। $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$; $2Fe_2O_3+3S=4Fe+3SO_2$; $2Fe_2O_3+3Si=4Fe+3SiO_2$; $FeO+SiO_2=FeSiO_3$. অশুদ্ধিগুলি অপসারিত হওয়ার সঙ্গে আয়রণের গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পাইতে থাকে এবং পরে কঠিন হইয়া কাদার মত হয়। ইহাকে কয়েকটি বড় বড় পিণ্ডে পরিণত করিয়া ষ্টীম-পেষক যন্ত্রের সাহায্যে চাপ দিয়া অভ্যন্তরস্থ ধাতুমল পৃথক করা হয়। অতঃপর উৎপন্ন রট আয়রণকে পাতে পরিণত করা হয়।

(খ) **ব্যবহার**—৩০৩ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের শেষ অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ৩০৫। (ক) ইস্পাত কি ? (খ) ইস্পাত উৎপাদনে বিসিমার পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি লিখ। (গ) অ্যাসিড বিসিমার ও ক্ষারকীয় বিসিমার পদ্ধতির মধ্যে মূল পার্থক্য কি ? অথবা, **এই দুই পদ্ধতির কার্যনীতিতে কি কি পার্থক্য থাকে তাহা উল্লেখ কর।**

উত্তর : (ক) ৩০২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) **বিসিমার পদ্ধতি**—এই পদ্ধতিতে কাস্ট আয়রণ হইতে ইস্পাত উৎপাদনে বিসিমার বিবর্তক চুল্লী ব্যবহৃত হয়। [চুল্লীর বিবরণের জন্য ২৭৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের শেষ অংশ দেখ।] কাস্ট আয়রণে ফসফরাস না থাকিলে 'অ্যাসিড পদ্ধতি' এবং ফসফরাস থাকিলে 'ক্ষারকীয় পদ্ধতি' প্রয়োগ করা হয়। অ্যাসিড পদ্ধতিতে চুল্লীর অভ্যন্তরে সিলিকার আস্তরণ থাকে এবং ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে চুল্লীর অভ্যন্তরে ভস্মীভূত ডলোমাইট বা ম্যাগনেসাইটের প্রলেপ দেওয়া থাকে।

অ্যাসিড পদ্ধতি—সিলিকার আস্তরণযুক্ত চুল্লীকে অনুভূমিক অবস্থায় রাখিয়া মারুত চুল্লী হইতে ফসফরাসমুক্ত গলিত কাস্ট আয়রণ সরাসরি চুল্লীর খোলামুখে ভিতরে ঢালিয়া উহার $\frac{2}{3}$ অংশ ভর্তি করা হয়। অতঃপর চুল্লীটিকে সোজা অবস্থায় রাখিয়া উহার তলদেশ দিয়া অতিরিক্ত চাপে চুল্লীর অভ্যন্তরে বায়ু চালনা করা হয়। ইহা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বুদ্‌বুদের মত গলিত কাস্ট আয়রণের মধ্য দিয়া উপরে উঠিয়া অপদ্রব্যগুলিকে অতি দ্রুত জারিত করে। প্রথমে সিলিকন ও ম্যাঙ্গানিজ জারিত হয় এবং উদ্ভূত তাপ আয়রণকে গলিত অবস্থায় রাখে। উৎপন্ন সিলিকা ও ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড পারস্পরিক বিক্রিয়ায় ধাতুমলে পরিণত হয়। $Si+O_2=SiO_2$; $2Mn+O_2=2MnO$; $MnO+SiO_2=MnSiO_3$. অতঃপর কার্বন জারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড গঠন করে এবং ইহা চুল্লীর মুখে ঈষৎ নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে। প্রায় আট মিনিটের মধ্যে সমস্ত কার্বন দূরীভূত হয়, ফলে শিখাটি নিভিয়া যায়। এইবার বায়ু-প্রবাহ বন্ধ করিয়া চুল্লীটিকে কাৎ করা হয় এবং উপযুক্ত পরিমাণ 'স্প্যাইজেল' গলিত আয়রণে যোগ করিয়া উত্তমরূপে মিশ্রণের জন্য উহার ভিতর দিয়া দুই এক মিনিট বায়ু চালনা করা হয়। পরে চুল্লীটি উপুড় করিয়া গলিত ইস্পাতকে হাতায় ঢালিয়া উপর হইতে ধাতুমল সরাইয়া ফেলা হয় এবং সেখান হইতে ইস্পাতকে ছাঁচে ঢালা হয়।

ক্ষারকীয় পদ্ধতি—ম্যাগনেসিয়া ও চুনের মিলিত আস্তরণযুক্ত চুল্লীতে প্রথমে অল্প চুনাপাথর ও কোক লইয়া বায়ু-প্রবাহ চালনা করা হয় এবং ফসফরাসযুক্ত গলিত কাস্ট আয়রণ চুল্লীতে যোগ করিয়া উচ্চ-চাপে বায়ু প্রবেশ করান হয়। সিলিকন ও ম্যাঙ্গানিজ প্রথমে জারিত হইয়া ধাতুমল গঠন করে; পরে কার্বন ও ফসফরাস একই সঙ্গে জারিত হইতে আরম্ভ করে। কার্বন মনোক্সাইড চুল্লীর মুখে ঈষৎ নীলাভ শিখাসহ জ্বলিয়া নিভিয়া যাওয়ার পরও কয়েক মিনিট ধরিয়া উচ্চ-চাপে বায়ু-প্রবাহ চালনা করা হয়; ইহাতে অবশিষ্ট ফসফরাস সম্পূর্ণরূপে পেন্টক্সাইডে জারিত হইয়া চুনের সহিত সংযোগে ক্ষারকীয় ক্যালসিয়াম ফসফেট ধাতুমল উৎপন্ন করে। $4P+5O_2=2P_2O_5$; $4CaO+P_2O_5=Ca_3(PO_4)_2.CaO$. অতঃপর বায়ু-প্রবাহ বন্ধ করিয়া গলিত আয়রণকে হাতায় ঢালিয়া ধাতুমল পৃথক করা হয় এবং উপযুক্ত পরিমাণ 'স্পাইজেল' উহাতে যোগ করিয়া উত্তমরূপে মিশাইলেই ভাল ইস্পাত পাওয়া যায়। এই পদ্ধতি টমাস-গিল্‌ক্রাইস্ট পদ্ধতি নামে পরিচিত।

(গ) (i) চুল্লীর অভ্যন্তরে আম্লিক পদ্ধতিতে সিলিকার এবং ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে ভস্মীকৃত ডলোমাইট বা ম্যাগনেসিয়ার প্রলেপ থাকে। (ii) অ্যাসিড পদ্ধতি ফসফরাসমুক্ত কাস্ট আয়রণ হইতে এবং ক্ষারকীয় পদ্ধতি ফসফরাসযুক্ত কাস্ট আয়রণ হইতে ইস্পাত উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। (iii) অ্যাসিড পদ্ধতিতে গলিত আয়রণ সরাসরি চুল্লীতে ঢালিয়া পরে উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহ চালনা করা হয়। কিন্তু ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে প্রথমে অল্প চুনাপাথর ও কোক চুল্লীতে লইয়া বায়ু-প্রবাহের পর গলিত আয়রণ চুল্লীতে ঢালা হয়। কারণ আয়রণস্থিত ফসফরাস চুল্লীর আভ্যন্তরীণ ক্ষারকীয় আস্তরণের সহিত বিক্রিয়া করে। (iv) অ্যাসিড পদ্ধতিতে অপদ্রব্যগুলি অপসারণকালে চুল্লীর মুখের নীলাভ শিখা নিভিয়া গেলে বায়ু-প্রবাহ বন্ধ করা হয়; কিন্তু ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে চুল্লীর মুখের নীলাভ শিখা নিভিয়া যাওয়ার পরও কয়েক মিনিট ধরিয়া উচ্চ-চাপে বায়ু-প্রবাহ চালনা করা হয় যাহাতে অবশিষ্ট ফসফরাস সম্পূর্ণরূপে জারিত হইয়া দূরীভূত হয়। (v) অ্যাসিড পদ্ধতিতে স্পাইজেল যোগে বায়ু-প্রবাহ দ্বারা উত্তমরূপে মিশাইবার পর ধাতুমল ইস্পাত হইতে পৃথক করা হয় কিন্তু ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে ধাতুমল পৃথক করিবার পর স্পাইজেল যোগে মিশাইয়া ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়; কারণ ধাতুমলস্থিত ফসফরাস পুনরায় ইস্পাতে দ্রবীভূত হয়।

প্রশ্ন ঃ ৩·৬। (ক) **ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে কাস্ট আয়রণ হইতে কিরূপে ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়। উহার একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। (খ) ডুপ্লে পদ্ধতি কি ?**

উত্তর ঃ (ক) অধুনা ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে উৎকৃষ্ট মানের ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়। ওপেন-হার্থ অগ্নিসহ ইস্টক নির্মিত অগভীর প্রশস্ত চতুষ্কোণ পরাবত চুল্লী বিশেষ। ইহার বহির্ভাগ ইস্পাতের পাত দ্বারা নির্মিত। অ্যাসিড পদ্ধতিতে সিলিকা দ্বারা এবং ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়া ও চুন দ্বারা চুল্লীবক্ষের চতুপার্শ্বস্থ দেওয়াল নির্মাণ করা হয়। আয়রণ ফসফরাসমুক্ত হইলে অ্যাসিড পদ্ধতিতে কিন্তু ফসফরাস-যুক্ত হইলে ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে ইস্পাত উৎপাদন করা হয়। প্রথমে মারুত-চুল্লী

হইতে সরাসরি কাস্ট আয়রণ চুল্লীবক্ষে ঢালিয়া উহার সহিত কিছু হিমাটাইট আকরিক ও অব্যবহার্য ছাঁটাই ইস্পাতখণ্ড মিশান হয়। অতঃপর গ্যাসীয় জ্বালানী প্রডিউসার



চিত্র ৫৯

গ্যাস বায়ুতে পোড়াইয়া তাপ-পুনরুৎপাদক নীতি প্রয়োগে মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করা হয়। ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে মিশ্রণে অল্প চুনাপাথর যোগ করা হয়। কাস্ট আয়রণের অশুদ্ধিগুলি যথা সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ এবং অধিকাংশ কার্বন প্রথমে হিমাটাইটের অক্সিজেন ও ছাঁটাই ইস্পাতখণ্ডে বর্তমান মরিচার অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়; সিলিকা ও ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইডের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় ধাতুমল গঠিত হয় এবং উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড বুদ্বুদের মত গলিত আয়রণের ভিতর দিয়া নির্গত হয়। পরে অবশিষ্ট কার্বন এবং ফসফরাস থাকিলে উহা বায়ু দ্বারা জারিত হয়; উৎপন্ন ফসফরাস পেণ্টক্সাইড বিসিমার পদ্ধতির মতই ক্যালসিয়াম অক্সাইডের সহিত ক্ষারকীয় ক্যালসিয়াম ফসফেট ধাতুমল গঠন করে।

$$2Fe_2O_3+3Si=4Fe+3SiO_2\ ;\ Fe_2O_3+2Mn=2Fe+3MnO$$
$$Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO\ ;\ SiO_2+MnO=MnSiO_3$$

বিক্রিয়া-শেষে গলিত আয়রণ হাতায় ঢালিয়া ধাতুমল পৃথক করা হয় এবং পরে উপযুক্ত পরিমাণে স্পাইজেল সহযোগে উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া গলিত ইস্পাত ছাঁচে ঢালা হয়। সমস্ত প্রক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করিতে প্রায় 8 – 10 ঘণ্টা সময় লাগে। এই পদ্ধতি সিমেন্স-মার্টিন পদ্ধতি নামেও পরিচিত।

(খ) বর্তমানে অনেক ক্ষেত্রে অ্যাসিড বিসিমার পদ্ধতিতে কাস্ট আয়রণ হইতে সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ ও প্রায় সমস্ত কার্বন দূরীভূত করিয়া অবশিষ্ট কার্বন ও ফসফরাস ক্ষারকীয় ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে দূরীভূত করা হয়। এই দুই পদ্ধতির সমন্বয়ে আরও উৎকৃষ্টতর ইস্পাত পাওয়া যায়। ইহাকে 'ডুপ্লে পদ্ধতি' বলে। টাটার কারখানায় এই পদ্ধতি অনুসৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন : ৩০৭। (ক) কাস্ট আয়রণ হইতে ইস্পাত উৎপাদনে বিভিন্ন পদ্ধতি সংক্ষেপে আলোচনা কর। (খ) বিসিমার পদ্ধতি ও ওপেন-হার্থ পদ্ধতির তুলনা কর। অথবা, **উহাদের মধ্যে কোন্‌টি বেশী সুবিধাজনক এবং কেন? যুক্তি দেখাও।**

উত্তর : (ক) সাধারণ প্রয়োজনের সমস্ত ইস্পাত কাস্ট আয়রণ হইতে বিসিমার পদ্ধতি এবং ওপেন-হার্থ পদ্ধতির সাহায্যে প্রস্তুত করা হয়।

বিসিমার পদ্ধতি—৩০৫ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

ওপেন-হার্থ পদ্ধতি—৩০৬ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) ইস্পাত উৎপাদনের দুই পদ্ধতির মধ্যে ওপেন-হার্থ পদ্ধতি অনেক দিক হইতে সুবিধাজনক। যথা—(১) বিসিমার পদ্ধতিতে মাত্র 8-10 মিনিট সময় লাগে কিন্তু ওপেন-হার্থ পদ্ধতি সম্পূর্ণ হইতে 8-10 ঘণ্টা সময় লাগে। (২) বিসিমার পদ্ধতিতে বিক্রিয়া দ্রুত সংঘটিত হয় বলিয়া মাঝে উৎপন্ন ইস্পাতের সংযুতি, নমুনা ও গুণ পরীক্ষা করা যায় না; ফলে নিম্ন মানের ইস্পাত পাওয়া যায়। ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে বিক্রিয়া ধীরে ধীরে সম্পন্ন হয় বলিয়া মাঝে মাঝে উৎপন্ন ইস্পাতের সংযুতি, নমুনা ও গুণ পরীক্ষা করিয়া সুষ্ঠুভাবে পরিচালনা করা যায়। তদুপরি সুবিধামত প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্য মিশাইয়া উৎকৃষ্ট মানের ইস্পাত প্রস্তুত করা যায়। (৩) নিম্ন মানের আকারক হইতে উৎপন্ন কাস্ট আয়রণ ও অন্যান্য সকল শ্রেণীর কাস্ট আয়রণ হইতে ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে উৎকৃষ্ট মানের ইস্পাত প্রস্তুত করা যায় কিন্তু বিসিমার পদ্ধতি কতকগুলি নির্দিষ্ট মানের কাস্ট আয়রণের জন্য সীমাবদ্ধ থাকে। (৪) বিসিমার পদ্ধতিতে কাস্ট আয়রণের ফসফরাস সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হয় না কিন্তু ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে ফসফরাস সম্পূর্ণরূপে অপসারণ করা যায়। (৫) ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে হিমাটাইট আকরিক ও ছাঁটাই ইস্পাতখণ্ড হইতে উৎকৃষ্ট মানের ইস্পাত পাওয়া যায় কিন্তু বিসিমার পদ্ধতিতে ইহা সম্ভব হয় না। ফলে বিসিমার পদ্ধতিতে ইস্পাতের উৎপাদন কম হয় কিন্তু ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কাস্ট-আয়রণ অপেক্ষা বেশী ইস্পাত উৎপন্ন হয়। (৬) বিসিমার পদ্ধতিতে কোন জ্বালানীর প্রয়োজন হয় না কিন্তু ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে গ্যাসীয় জ্বালানীর প্রয়োজন হয়।

প্রশ্ন : ৩০৮। ভারতের কোথায় আয়রণের খনি আছে এবং কোথায় আয়রণ ও ইস্পাত উৎপাদন করা হয়।

উত্তর : ভারতে প্রচুর আয়রণ আকরিক আছে এবং ইহাদের অধিকাংশই উচ্চ শ্রেণীর হিমাটাইট বা ম্যাগনেটাইট। ভারতীয় হিমাটাইটে গড়ে 60-65% আয়রণ থাকে। বিহার, উড়িষ্যা, মধ্যপ্রদেশ, অন্ধ্রপ্রদেশ, মহীশূর ও পশ্চিমবঙ্গে আয়রণের খনি আছে।

আয়রণ উৎপাদনে ভারতের ভূমিকা উল্লেখযোগ্য। বিহারের জামসেদপুরে অবস্থিত টাটা আয়রণ এণ্ড স্টীল কোম্পানী, পশ্চিমবঙ্গের বার্ণপুর ও কুলটিতে অবস্থিত ইণ্ডিয়ান আয়রণ এণ্ড স্টীল কোম্পানী এবং মহীশূরের ভদ্রাবতীতে অবস্থিত মহীশূর আয়রণ ওয়ার্কস ভারতের প্রাচীন কয়েকটি আয়রণ উৎপাদনকারী সংস্থা। বর্তমানে ভারত সরকারের উদ্যোগে মধ্যপ্রদেশের ভিলাইয়ে, উড়িষ্যার রাউলকেল্লায়, পশ্চিমবঙ্গের দুর্গাপুরে এবং বিহারের বোকারোতে আয়রণ নিষ্কাশন ও স্টীল উৎপাদনের বিরাট কারখানা স্থাপিত হইয়াছে।

একবিংশ অধ্যায় | ধাতুর ধর্ম এবং উহাদের যৌগসমূহ

প্রশ্ন : ৩০৯। (ক) ধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী বলিতে কি বুঝায়? (খ) ইহার সাহায্যে Na, K, Mg, Ca, Cu, Zn, Al, Pb এবং Fe-এর সাধারণ রাসায়নিক ধর্মগুলি আলোচনা কর।

উত্তর : (ক) ধাতু ধনাত্মক-তড়িৎধর্মী। ধাতব পরমাণুমাত্রই ইলেকট্রন বর্জন করিয়া ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত আয়ন গঠন করে; এই ধনাত্মক আয়ন উৎপাদনের প্রবণতা বিভিন্ন ধাতব পরমাণুর ক্ষেত্রে বিভিন্ন। এই মাত্রা অনুসারে ধাতুগুলিকে ক্রমিকভাবে সাজাইলে যে তালিকা পাওয়া যায় তাহাকে তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী বলে। এই তালিকা হইতে ধাতুসমূহের রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক পরিমাপও পাওয়া যায়। শ্রেণীটি নিম্নরূপ :—K, Na,···Ca, Mg, Al,·· Zn,···Fe,···Pb, **H**···Cu, Hg, Ag, Au.

(খ) উপরোক্ত তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর পূর্ববর্তী কোন ধাতব মৌল পরবর্তী ধাতব মৌল অপেক্ষা অধিক ধনাত্মক তড়িৎ-ধর্মী বলিয়া উহাদের আয়ন গঠনের প্রবণতা বেশী। এই জন্য ধাতুর সক্রিয়তা প্রথম হইতে শেষের দিকে ক্রমশঃ হ্রাস পায়। যেমন—

(i) **অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া**—ধাতুগুলির ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া আয়ন গঠনের প্রবণতা যত বেশী হয় অক্সিজেনের প্রতি উহাদের আসক্তি তত বেশী জন্মে এবং অক্সাইডগুলির স্থায়িত্ব তত বৃদ্ধি পায়। সেই কারণে K, Na অক্সিজেনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া অক্সাইড গঠন করে। Ca, Mg, Al, Zn, Fe বায়ুতে বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে অক্সাইডে পরিণত হয়; Cu, Hg ও Ag উত্তপ্ত করিলেও সহজে অক্সাইডে পরিণত হয় না। অক্সিজেন প্রবাহে কপার তীব্রভাবে দীর্ঘ সময় উত্তপ্ত করিলে CuO গঠিত হয়। K হইতে Al পর্যন্ত ধাতব অক্সাইডগুলির স্থায়িত্ব বেশী, ইহারা কার্বন দ্বারা ধাতব মৌলে বিজারিত হয় না; কিন্তু Hg, Ag প্রভৃতির অক্সাইডগুলির স্থায়িত্ব কম বলিয়া শুধুমাত্র উত্তাপেই বিযোজিত হইয়া ধাতু উৎপন্ন করে। প্রথম দিকের ধাতব অক্সাইডগুলি তীব্র ক্ষারকীয়।

(ii) **জলের সহিত ক্রিয়া**—তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর হাইড্রোজেনের পূর্ববর্তী ধাতুগুলি (Pb বাদে) জল হইতে হাইড্রোজেন অপসারণ করে; শ্রেণীতে ধাতুর অবস্থান যত পূর্বে থাকে উহা তত সহজে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। কিন্তু হাইড্রোজেনের পরবর্তী ধাতুগুলি যথা Cu, Hg, Ag জল হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত করিতে পারে না। (উদাহরণ ও সমীকরণের জন্য ১৫৫ নং প্রশ্নোত্তরের ক অংশ দেখ।)

(iii) **লঘু অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া**—১৫৯ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। পরে লিখ—গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বর ধাতু ছাড়া সকল ধাতুই নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত

বিক্রিয়া করিয়া ধাতব নাইট্রেট গঠন করে এবং উষ্ণতা ও অ্যাসিডের ঘনত্ব অনুসারে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া NO, N_2O বা NH_4NO_3 উৎপন্ন করে। একমাত্র ম্যাগনেসিয়াম অতি লঘু ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত হাইড্রোজেন নির্গত করে: $Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2$. (উদাহরণ ও সমীকরণের জন্য ২০৯ খ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।)

(iv) **ক্ষার দ্রবণের সহিত ক্রিয়া**—Zn ও Al ধাতু কষ্টিক সোডা দ্রবণের সহিত ফুটাইলে সহজেই H_2 নির্গত হয় এবং সোডিয়াম জিঙ্কেট ও অ্যালুমিনেট উৎপন্ন করে। তীব্র ক্ষারের সহিত লেড উত্তপ্ত করিয়া গলাইলে উহা ধীরে ধীরে প্লাম্বাইট লবণ গঠন করিয়া দ্রবীভূত হয় এবং H_2 নির্গত করে। $Zn+2NaOH=Na_2ZnO_2+H_2$; $2Al+2NaOH+2H_2O=2NaAlO_2+3H_2$.

(v) **ক্লোরিনের সহিত ক্রিয়া**—সমস্ত ধাতুই ক্লোরিন দ্বারা আক্রান্ত হইয়া ধাতব ক্লোরাইড গঠন করে। ক্লোরিনের প্রতি ধাতুর আসক্তি এবং ধাতব ক্লোরাইডের স্থায়িত্ব তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর ক্রমিক পর্যায়ে হ্রাস পায়।

$2Na+Cl_2=2NaCl$; $2Fe+3Cl_2=2FeCl_3$; $Cu+Cl_2=CuCl_2$

(vi) **প্রতিস্থাপন ক্রিয়া**—তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর পূর্ববর্তী ধাতু পরবর্তী ধাতুকে উহার লবণের দ্রবণ হইতে প্রতিস্থাপন করে কারণ পূর্ববর্তী ধাতুর ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া আয়ন গঠনের প্রবণতা অপেক্ষাকৃত বেশী। $CuSO_4$ দ্রবণে আয়রণ, $AgNO_3$ দ্রবণে জিঙ্ক অথবা $HgCl_2$ দ্রবণে কপার ডুবাইলে যথাক্রমে কপার, সিলভার ও মারকারি অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$CuSO_4+Fe=FeSO_4+Cu$; $2AgNO_3+Zn=Zn(NO_3)_2+2Ag$

প্রশ্ন : ৩১০। Na, Mg, Ca, Cu, Zn, Al, Pb, Fe ধাতুসমূহের (ক) কোন্‌গুলি কি অবস্থায় (i) বায়ু, (ii) জল ও (iii) ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে সমীকরণসহ লিখ; (খ) কোন্‌গুলি উৎকৃষ্ট বিজারক হিসাবে কাজ করে? যুক্তিসহ উদাহরণ দাও।

উত্তর : (ক) (i) **বায়ু**—৩০৯ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ। দ্রষ্টব্য—ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম (গুঁড়া, পাত বা তার) বায়ুতে জ্বলিয়া অক্সাইডের সহিত নাইট্রাইড যৌগও উৎপন্ন করে।

(ii) **জল**—৩০৯ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

(iii) **ক্ষার**—৩০৯ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (iv) অংশ দেখ।

(খ) তীব্র ধনাত্মক তড়িৎ-ধর্মা ধাতু Na, Mg, Ca বিজারক হিসাবে কাজ করে। ইহাদের পরমাণুর ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া আয়ন গঠনের প্রবণতার উপর বিজারণ ধর্মের মাত্রা নির্ভর করে। Na ও Mg উৎকৃষ্ট বিজারক দ্রব্য। জ্বলন্ত সোডিয়াম CO_2-কে কার্বনে বিজারিত করে ও Na_2CO_3 গঠন করে: $4Na+3CO_2=2Na_2CO_3+C$. বায়ুর অনুপস্থিতিতে উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর নিম্নে অবস্থিত ধাতব যৌগকে ধাতুতে বিজারিত করে: $3Na+AlCl_3=3NaCl+Al$. শ্বেত-তপ্ত

ম্যাগনেসিয়াম CO_2, SiO_2, NO, SO_2 প্রভৃতিকে বিজারিত করিয়া উহাদের মৌলে পরিণত করে এবং নিজে অক্সাইডে জারিত হয়। $CO_2+2Mg=2MgO+C$; $2NO+2Mg=2MgO+N_2$. ক্যালসিয়াম CO, Cr_2O_3 প্রভৃতি অক্সাইড এবং বিভিন্ন ক্লোরাইডকে মৌলে বিজারিত করে। $CO+Ca=CaO+C$.

প্রশ্ন : ৩১১। (ক) ধাতব অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড, ক্লোরাইড, নাইট্রেট ও সালফেট লবণ প্রস্তুতির সাধারণ প্রক্রিয়া কি ? (খ) সাধারণ রীতিতে কিভাবে অনার্দ্র ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতির সাধারণ প্রক্রিয়া : অক্সাইড**—ধাতুকে বায়ু বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে অক্সাইড পাওয়া যায়। ধাতব কার্বনেট বা হাইড্রক্সাইডকে উত্তাপ প্রয়োগে বিযোজিত করিয়া অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। আবার ধাতব নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলেও অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $2Mg+O_2=2MgO$; $CaCO_3=CaO+CO_2$; $2Al(OH)_3=Al_2O_3+3H_2O$; $2Pb(NO_3)_2=2PbO+4NO_2+O_2$.

হাইড্রক্সাইড—ক্ষার ধাতু বা উহার অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। সাধারণতঃ ধাতব ক্লোরাইড, সালফেট বা নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণে কষ্টিক সোডার দ্রবণ যোগ করিলে ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপরূপে পাওয়া যায়। $2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$; $CaO+H_2O=Ca(OH)_2$; $MgSO_4+2NaOH=Mg(OH)_2+Na_2SO_4$; $AlCl_3+3NaOH=Al(OH)_3+3NaCl$; $Pb(NO_3)_2+2NaOH=Pb(OH)_2+2NaNO_3$.

ক্লোরাইড—ধাতু বা ধাতব অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেটকে লঘু HCl-এ দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে ঘনীভূত করিলে ধাতব ক্লোরাইডের কেলাস পাওয়া যায়। $Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$; $MgCO_3+2HCl=MgCl_2+H_2O+CO_2$.

নাইট্রেট—লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে ধাতু বা ধাতব অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেট দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে ধাতব নাইট্রেট কেলাসিত হয়। $3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+4H_2O+2NO$; $MgCO_3+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2O+CO_2$.

সালফেট—ধাতু বা ধাতব অক্সাইড বা কার্বনেটকে লঘু H_2SO_4-এ দ্রবীভূত করিলে সালফেট দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণকে কেলাসিত করিলে ধাতব সালফেটের কেলাস পাওয়া যায়। $Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$; $MgCO_3+H_2SO_4=MgSO_4+H_2O+CO_2$.

দ্রষ্টব্যঃ—সাধারণতঃ যে-কোন উপায়ে প্রস্তুত ধাতব ক্লোরাইড, নাইট্রেট বা সালফেট দ্রবণকে কেলাসিত করিলে সোদক স্ফটিক পাওয়া যায় ; যে সমস্ত লবণের সোদক স্ফটিক হয় না উহারা অনার্দ্র স্ফটিকরূপে কেলাসিত হয়।

(খ) ধাতব ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ হইতে সর্বদাই সোদক স্ফটিক কেলাসিত হয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই উত্তাপ প্রয়োগে সোদক স্ফটিক হইতে কেলাস জল অপসারিত

করিয়া অনার্দ্র স্ফটিক প্রস্তুত করা যায় না ; কারণ উহারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়।

সাধারণতঃ উত্তপ্ত ধাতুর উপর দিয়া শুষ্ক Cl_2 বা HCl গ্যাস প্রবাহিত করিলে অনার্দ্র ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইড ও কার্বন-চূর্ণের মিশ্রণের উপর দিয়া Cl_2 গ্যাস চালাইলেও অনার্দ্র ক্লোরাইড পাওয়া যায়। কিন্তু কোন ধাতুর দুই প্রকারের ক্লোরাইড লবণ থাকিলে HCl-গ্যাস প্রবাহে আস্ লবণ এবং Cl_2 প্রবাহে ইক্ লবণ উৎপন্ন হয়। $Mg+Cl_2=MgCl_2$; $Mg+2HCl=MgCl_2+H_2$; $Al_2O_3+3C+3Cl_2=2AlCl_3+3CO$; $Fe+2HCl=FeCl_2+H_2$; $2Fe+3Cl_2=2FeCl_3$.

প্রশ্ন : ৩১২। কিভাবে (ক) সোডিয়াম পার-অক্সাইড, (খ) সোডিয়াম সালফেট ও (গ) পটাসিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা হয়? উহাদের ব্যবহার উল্লেখ কর। (ঘ) সল্ট কেক কি?

উত্তর : (ক) সোডিয়াম পার-অক্সাইড : প্রস্তুতি—অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেনে সোডিয়াম উত্তপ্ত করিয়া সোডিয়াম পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। কতকগুলি অ্যালুমিনিয়াম থালায় সোডিয়াম ধাতুর পাতলা ফালি রাখিয়া CO_2 ও জলীয় বাষ্প মুক্ত বায়ু-প্রবাহে উহাকে 300°—400°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। যান্ত্রিক ব্যবস্থায় থালাগুলি এক দিকে অগ্রসর হইতে থাকে এবং বিপরীত দিক দিয়া বায়ু চালনা করা হয় ; ফলে সোডিয়াম পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $2Na+O_2=Na_2O_2$.

ব্যবহার—(১) সিল্ক, উল প্রভৃতি কোমল উপাদানের বিরঞ্জনে, (২) H_2O_2 ও অক্সিজেন প্রস্তুতিতে এবং (৩) পরীক্ষাগারে জারক দ্রব্য রূপে সোডিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

(খ) **সোডিয়াম সালফেট : প্রস্তুতি**—সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ পরাবর্ত চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে কঠিন পিণ্ডরূপে সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় : $2NaCl+H_2SO_4=Na_2SO_4+2HCl$. ইহাকে গরম জলে দ্রবীভূত করিয়া ঘনীভূত করিলে সোদক সোডিয়াম সালফেটের স্ফটিক, $Na_2SO_4.10H_2O$ পাওয়া যায়। ইহাকে গ্লবার লবণ বলে।

ব্যবহার—সোডিয়াম সালফেট (১) কাচ ও কাগজ শিল্পে, (২) ঔষধ প্রস্তুতিতে এবং (৩) সোডিয়াম সালফাইড উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

(গ) **পটাসিয়াম কার্বনেট : প্রস্তুতি : (প্রেকট পদ্ধতি)**—20°C উষ্ণতায় গাঢ় পটাসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সোদক ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট প্রলম্বিত অবস্থায় রাখিয়া উহার মধ্য দিয়া CO_2 প্রবাহিত করিলে অদ্রবণীয় পটাসিয়াম বাই-কার্বনেট ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের যুগ্ম লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ পরিস্রাবণের সাহায্যে পৃথক করিয়া 40°C উষ্ণতায় ইহাকে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড সহযোগে জলে প্রলম্বিত অবস্থায় রাখিয়া আলোড়িত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে সোদক ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে পটাসিয়াম কার্বনেট থাকে। অধঃক্ষেপ ছাঁকিয়া

ফেলিয়া দ্রবণটিকে উত্তাপ প্রয়োগে গাঢ় করিয়া শীতল করিলে সোদক পটাসিয়াম কার্বনেট, $K_2CO_3.2H_2O$ কেলাসিত হয়।

$$2KCl+3(MgCO_3.3H_2O)+CO_2=2(MgCO_3.KHCO_3.4H_2O)+MgCl_2$$

$$2(MgCO_3\ KHCO_3.4H_2O)+MgO=3(MgCO_3.3H_2O)+K_2CO_3$$

ব্যবহার—পটাসিয়াম কার্বনেট (১) নরম সাবান, শক্ত কাচ ও গলন-মিশ্র প্রস্তুতিতে এবং (২) ফেরোসায়ানাইড, ক্রোমেট, ব্রোমাইড, আয়োডাইড প্রভৃতি বিশিষ্ট পটাসিয়াম যৌগ প্রস্তুতকরণে ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) পরাবর্ত চুল্লীতে NaCl ও গাঢ় H_2SO_4 একত্রে উত্তপ্ত করিলে কঠিন পিণ্ডের আকারে অনার্দ্র সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। ইহাকে সল্ট কেক্ বলে।

প্রশ্ন : ৩১৩। (ক) খাদ্যলবণ কি? ইহা হইতে কিরূপে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়? অন্য কি উপায়ে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়? ইহার ব্যবহার লিখ। (খ) বারুদ ও বেকিং পাউডার কি?

উত্তর : (ক) সমুদ্রের জলে প্রায় 2·6% সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবীভূত থাকে। আবার কঠিন খনিজরূপে ইহা প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে থাকে। গ্রীষ্মপ্রধান দেশে বড় বড় অগভীর ট্যাঙ্কে সমুদ্র জল রাখিয়া সূর্যতাপে বাষ্পীভূত করিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হয়। আবার খনিজ লবণকে জলে দ্রবীভূত করিয়া বাষ্পায়িত করিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হয়। ইহাকে খাদ্যলবণ বা সাধারণ লবণ বলে। ইহা বিশুদ্ধ নয়; ইহাতে $CaCl_2$, $MgCl_2$ প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে।

খাদ্যলবণের সংপৃক্ত দ্রবণকে পরিস্রুত করিয়া ইহার ভিতর দিয়া HCl গ্যাস পরিচালিত করিলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়—$CaCl_2$, $MgCl_2$ প্রভৃতি দ্রবণে থাকিয়া যায়। এই কেলাস পরে তাপিত করিয়া শুষ্ক করা হয়।

Na_2CO_3-এর গাঢ় জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া HCl গ্যাস চালনা করিলে বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন সোডিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস পৃথক হইয়া আসে। ইহাকে পোর্সিলেন খর্পরে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ NaCl পাওয়া যায়।

ব্যবহার—(১) ইহা প্রধানতঃ খাদ্যলবণ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা (২) মাছ-মাংস ও অন্যান্য খাদ্যবস্তু সংরক্ষণে, (৩) রঞ্জন, সাবান প্রভৃতি শিল্পে এবং (৪) সোডিয়াম ধাতু, HCl, NaOH, $NaCO_3$, Na_2SO_4 প্রভৃতি প্রস্তুতিতে লাগে।

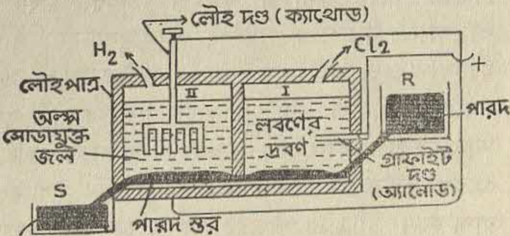
বারুদ—বারুদ বা গান পাউডার বিস্ফোরক পদার্থ। ইহা পটাসিয়াম নাইট্রেট, কাঠকয়লা ও সালফারের 6 : 1 : 1 ওজন অনুপাতের একটি নিবিড় মিশ্রণ। আকস্মিক সংঘর্ষে বা 300°C উষ্ণতায় ইহার বিস্ফোরণ ঘটে এবং বিক্রিয়ার ফলে পটাসিয়াম কার্বনেট ও সালফেট গঠিত হয় এবং CO_2, SO_2, N_2 গ্যাস নির্গত হয়।

বেকিং পাউডার—ইহা সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ও পটাসিয়াম হাইড্রোজেন টারটারেটের মিশ্রণ। ইহা জলের সংস্পর্শে CO_2 উৎপন্ন করে। রুটি প্রস্তুতে ইহা ব্যবহৃত হয়; উৎপন্ন CO_2 নির্গমন কালে রুটিকে ফাঁপাইয়া তোলে।

প্রশ্ন : ৩১৪। (ক) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা উৎপাদনের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। (খ) NaCl দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া কস্টিক সোডার পণ্য উৎপাদনে কি বিশেষ ব্যবস্থার প্রয়োজন হয় এবং কেন ? (গ) কিভাবে ইহা বিশুদ্ধ করা হয় ?

উত্তর : (ক) সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া কষ্টিক সোডার পণ্য উৎপাদনে পারদ ক্যাথোড সেল এবং মধ্যাবরক (ঝিল্লী) সেল ব্যবহৃত হয়।

(১) **পারদ ক্যাথোড সেল : কাস্টনার কেলনার সেল**—বর্তমানে এই সেল শ্লেটের তৈয়ারী একটি অগভীর আয়তাকার ট্যাঙ্ক বিশেষ। ইহার মেঝের উপর দিয়া পাতলা পারদ স্তরের প্রবাহ উচু চৌবাচ্চা হইতে নীচু পাত্রে চালিত করা হয়। এই পারদের মধ্যে ডোবান একটি কাঠ বা শ্লেটের প্রাচীর দ্বারা ট্যাঙ্কটি দুইটি কক্ষে বিভক্ত থাকে। I নং কক্ষে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ অথবা লবণোদক (brine) লওয়া হয়; ইহার ভিতর একটি গ্রাফাইট দণ্ড ডুবান থাকে এবং ইহা অ্যানোডরূপে কাজ করে। II নং কক্ষে



চিত্র ৬০

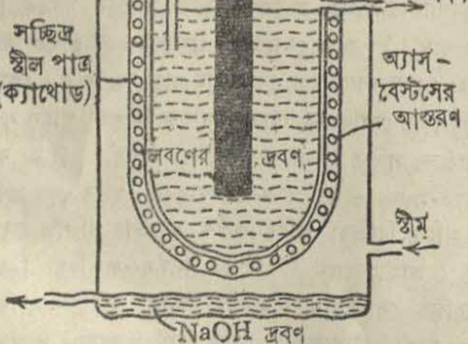
অল্প কষ্টিক সোডা মিশ্রিত জল লওয়া হয় এবং ইহার মধ্যে কয়েকটি আয়রণ দণ্ড উপর হইতে ঝুলাইয়া ডুবাইয়া রাখা হয়; ইহারা ক্যাথোডরূপে কাজ করে। ট্যাঙ্কের মেঝের পারদের সহিত আয়রণ ক্যাথোড যুক্ত থাকে। প্রত্যেক কক্ষই উপরের দিকে আবৃত এবং উহাতে গ্যাস নিষ্ক্রমণের জন্য নির্গম নল থাকে। এইবার যথারীতি গ্রাফাইট অ্যানোড ও আয়রণ ক্যাথোড ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করিলে দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চলিতে থাকে। প্রথমে I নং কক্ষে সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত হইয়া গ্রাফাইট অ্যানোডে ক্লোরিন এবং পারদ ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু মুক্ত করে। ক্লোরিন নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া যায় কিন্তু সোডিয়াম পারদের সহিত মিশিয়া পারদ-সংকর গঠন করে। ইহা প্রবাহমান পারদের সহিত II নং কক্ষে চলিয়া আসে। II নং কক্ষে ক্ষারযুক্ত জলে অ্যানোডরূপে পারদ-সংকর ও ক্যাথোডরূপে আয়রণ থাকে; এখানে অ্যানোড পারদ-সংকর জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কষ্টিক সোডায় পরিণত হয় ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেন উপরিস্থিত নির্গম-নল দিয়া নিক্রান্ত হয়। পারদ-সংকরের মধ্যে অবস্থিত সোডিয়াম ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া সোডিয়াম আয়ন, Na^+ রূপে দ্রবণে চলিয়া যায়। এই ইলেকট্রন পারদ বাহিয়া আয়রণ ক্যাথোডে যায়; তথায় জলের তড়িৎ-বিয়োজনে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়ন, H^+ ($H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$) উপরোক্ত ইলেকট্রন দ্বারা তড়িৎ মুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাসরূপে নির্গত হয়। **অতএব** দ্রবণে Na^+ এবং OH^- থাকিয়া কষ্টিক সোডা উৎপন্ন করে।

I নং কক্ষে : $2NaCl + 2xHg = 2NaHg_x + Cl_2$.

II নং কক্ষে : $2NaHg_x + 2H_2O = 2NaOH + H_2 + 2xHg$.

এইভাবে তড়িৎ-বিশ্লেষণে II নং কক্ষে দ্রবণে কষ্টিক সোডা সঞ্চিত হইতে থাকে। দ্রবণে 20% কষ্টিক সোডা উৎপন্ন হইলে উহাকে বাহির করিয়া লইয়া উত্তাপ প্রয়োগে বিশুদ্ধ করা হয়। পরে ইহাকে গলাইয়া গোল দানা বা ছোট ছোট দণ্ডের আকারে পরিবর্তিত করা হয়। সোডিয়ামমুক্ত পারদ নীচের পাত্রে জমা হয় এবং ইহাকে পাম্পের সাহায্যে উঁচু চৌবাচ্চায় পাঠান হয়।

(২) **মধ্যাবরক (বা ঝিল্লী) সেল : নেলসন সেল**—এই সেলে লম্বা U-আকৃতির একটি সচ্ছিদ্র স্টীল ক্যাথোড থাকে; ইহাকে একটি আয়তাকার স্টীল ট্যাঙ্কের মধ্যে ঝুলাইয়া রাখিয়া উহার মধ্যে স্টীম প্রবাহিত করা হয়। ক্যাথোডের ভিতরের দিকে অ্যাসবেস্টসের পাতলা আচ্ছাদন থাকে; ইহাই মধ্যাবরক তথা ঝিল্লীর কাজ করে। U-আকৃতির স্টীল পাত্রে পরিশুদ্ধ ও সংপৃক্ত লবণোদকের মধ্যে একটি গ্রাফাইট দণ্ড আংশিক ডুবাইয়া ঝুলাইয়া রাখা হয়; ইহা অ্যানোডরূপে কাজ করে। এই স্টীল পাত্রে একটি নলের সাহায্যে উক্ত লবণোদক প্রবেশ করান হয় এবং স্বয়ংক্রিয় ব্যবস্থার মাধ্যমে উহার উপরিভাগ একই তলে রাখা হয়। পাত্রটির উপরের দিক আবৃত এবং ইহাতে একটি গ্যাস-নির্গম নল থাকে।



চিত্র ৬১

এখন যথারীতি তড়িৎ প্রবাহ চালাইলে NaCl বিশ্লিষ্ট হইয়া অ্যানোডে ক্লোরিন মুক্ত করে এবং ইহা নির্গম নল দিয়া বাহির হয়। অপরদিকে, সোডিয়াম আয়ন, Na^+ অনায়াসেই অ্যাসবেস্টসের ছিদ্রপথে যাইয়া ক্যাথোডের সংস্পর্শমাত্র সোডিয়াম ধাতু উৎপন্ন করে। ইহা বহিঃস্থ স্টীমের সহিত বিক্রিয়া করিয়া NaOH দ্রবণ ও H_2 গঠন করে। হাইড্রোজেন নির্গম পথে নিষ্ক্রান্ত হয় এবং NaOH দ্রবণ মেঝে জমা হয়। এই দ্রবণে 10 – 12% NaOH ও প্রায় 15% NaCl থাকে। ইহাকে অন্তঃপ্রেষ বাষ্পায়কে বাষ্পীভূত করিয়া গাঢ় করিলে প্রথমে NaCl কেলাসিত হয়। ইহা পৃথক করিবার পর দ্রবণটিকে লোহার

পাত্রে উত্তাপ প্রয়োগে বিশুষ্ক করিয়া গলিত কষ্টিক সোডাকে গোল দানা বা ছোট দণ্ডের আকারের ছাঁচে ঢালা হয়।

(খ) সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে অ্যানোডে ক্লোরিন ও ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হয়; ইহা সঙ্গে সঙ্গে জলের সহিত বিক্রিয়ায় NaOH দ্রবণ ও H_2 উৎপন্ন করে। আবার NaOH ও Cl_2 পরস্পর ক্রিয়া করিয়া হাইপো-ক্লোরাইট বা ক্লোরেট লবণে পরিণত হয়। ইহাতে NaOH-এর অপচয় ঘটে ও বিশুদ্ধ NaOH পাওয়া যায় না। সেইজন্য তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় বিশেষ ব্যবস্থার মাধ্যমে NaOH ও ক্লোরিনের উৎপাদন পৃথক প্রকোষ্ঠে করা হয় যাহাতে উভয়ের মধ্যে সংমিশ্রণ না ঘটে। পারদ ক্যাথোড সেলে NaCl দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন সোডিয়াম পারদের সঙ্গে মিশিয়া ভিন্ন কক্ষে চলিয়া যায় এবং সেখানে জলের সহিত বিক্রিয়ায় NaOH ও H_2 উৎপন্ন করে। মধ্যাবরক সেলে উৎপন্ন সোডিয়াম আয়ন অ্যাসবেস্টস ঝিল্লীর ছিদ্রপথে বহিঃস্থ কক্ষে অবস্থিত ক্যাথোডে মুক্ত হয় এবং তথায় স্টীমের সহিত বিক্রিয়ায় NaOH ও H_2 উৎপন্ন করে। এইভাবে দুই ভিন্ন কক্ষে Cl_2 ও NaOH উৎপন্ন হয় বলিয়া উহারা বিক্রিয়া করিবার সুযোগ পায় না; ফলে NaOH দ্রবণ অবিকৃত অবস্থায় পাওয়া যায়। $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$.

ক্যাথোড: $Na^+ + e = Na$; $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$.

অ্যানোডে: $Cl^- - e = Cl$; $2Cl = Cl_2$.

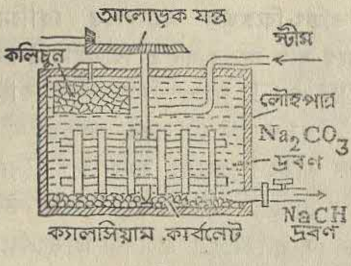
(গ) **বিশুদ্ধিকরণ**—পারদ সেলে উৎপন্ন NaOH মোটামুটি বিশুদ্ধ। কিন্তু মধ্যাবরক সেলে প্রাপ্ত NaOH-এ সর্বদাই সামান্য সোডিয়াম ক্লোরাইড, কার্বনেট এবং সালফেট মিশ্রিত থাকে। ইহাতে অ্যালকোহল মিশাইলে NaOH দ্রবীভূত হয় কিন্তু অশুদ্ধিগুলি অদ্রাব্য থাকে। দ্রবণকে ছাঁকিয়া রূপার পাত্রে রাখিয়া উত্তাপ প্রয়োগে বাষ্পীভূত করিলেই বিশুদ্ধ NaOH পাওয়া যায়।

প্রশ্ন: ৩১৫। (ক) কি প্রকারে সোডিয়াম কার্বনেট হইতে কস্টিক সোডা পাওয়া যায়? অথবা, **ক্ষারীকরণ পদ্ধতিতে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড প্রস্তুতির বিবরণ দাও। (খ) ইহার ব্যবহার লিখ।**

উত্তর: (ক) **ক্ষারীকরণ পদ্ধতি**—অতিরিক্ত চুনের সহিত 80°–85°C উষ্ণতায় সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডার দ্রবণের বিক্রিয়ায় কষ্টিক সোডা দ্রবণ পাওয়া যায় এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। $Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightleftharpoons 2NaOH + CaCO_3$. বিক্রিয়াটি উভমুখী বলিয়া লঘু সোডা দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। পরে দ্রবণ হইতে কঠিন NaOH প্রস্তুত করা হয়।

একটি লোহার চতুষ্কোণ ট্যাঙ্কে 10% সোডার (Na_2CO_3) দ্রবণ লওয়া হয়। একটি তারজালির বাক্সে চুনের বড় বড় টুকরা ভরিয়া উহাকে সোডার দ্রবণে ডুবাইয়া ঝুলাইয়া রাখা হয়। চুন জলের সহিত মিশিয়া কলিচুন উৎপন্ন করে এবং ফুটিতে থাকে। প্রায় এক ঘণ্টা ধরিয়া আলোড়কের সাহায্যে দ্রবণটিকে উত্তমরূপে মিশান হয় এবং

প্রয়োজনমত স্টীম দ্রবণের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া উহার উষ্ণতা 80–85°C রাখা হয়। বিক্রিয়ার ফলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হইয়া থিতাইয়া পড়ে এবং সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। উপর হইতে স্বচ্ছ দ্রবণ লইয়া অনুপ্রেষ বাষ্পায়কে বাষ্পীভূত করিয়া দ্রবণটিকে 50% গাঢ় করিলে অব্যবহৃত সোডিয়াম কার্বনেট পৃথক হইয়া পড়ে। অতঃপর দ্রবণটিকে লোহার পাত্রে উত্তাপ প্রয়োগে বিশুষ্ক করিয়া গলিত কষ্টিক সোডাকে গোল দানা বা ছোট ছোট দণ্ডের আকারে ঢালাই করা হয়।



চিত্র ৬২

(খ) **ব্যবহার**—কষ্টিক সোডা (১) সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে, (২) শক্ত সাবান, কাগজ ও কৃত্রিম রেশম উৎপাদনে, (৩) পেট্রোলিয়াম ও বক্সাইট আকরিক পরিশোধনে, (৪) ফিল্ম ও সেলোফেন প্রস্তুতিতে এবং (৫) পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ৩১৬। (ক) সল্‌ভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্যোৎপাদন সমীকরণসহ বিবৃত কর। (খ) কিরূপে বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-কার্বনেট প্রস্তুত করা হয়? ইহার ব্যবহার কি? (গ) সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের পারস্পরিক রূপান্তর কিরূপে সম্ভব? (ঘ) সোডিয়াম কার্বনেটকে কিভাবে কস্টিক সোডায় পরিণত করা যায়?

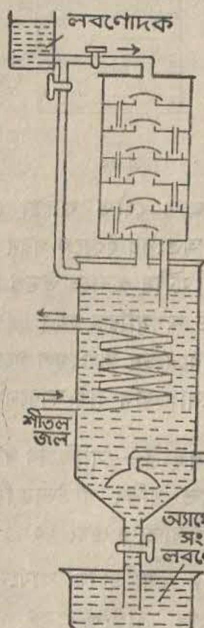
উত্তর : (ক) **সল্‌ভে (বা অ্যামোনিয়া সোডা) পদ্ধতি : নীতি**—এই পদ্ধতিতে খাদ্যলবণের গাঢ় দ্রবণ তথা লবণোদকের ভিতর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহে সংপৃক্ত করা হয়। পরে এই অ্যামোনিয়াযুক্ত লবণোদকের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করিলে প্রথমে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট এবং পরিশেষে অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়; অতঃপর অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত বিপরিবর্ত বিক্রিয়ায় প্রায় অদ্রবণীয় সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ও দ্রবণীয় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়। কঠিন সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে ছাঁকিয়া লইয়া শুষ্ক করিবার পর 180°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে উহা বিযোজিত হইয়া সোডিয়াম কার্বনেট, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও স্টীম উৎপন্ন করে। $NH_3 + CO_2 + H_2O = NH_4HCO_3$; $NH_4HCO_3 + NaCl \rightleftharpoons NaHCO_3 + NH_4Cl$; $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$.

মূল বিক্রিয়াটি উভমুখী বলিয়া খাদ্যলবণের দুই-তৃতীয়াংশ সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হয়। উৎপন্ন CO_2 গ্যাস এবং NH_4Cl দ্রবণ হইতে অ্যামোনিয়া পুনরুদ্ধার করিয়া উহাদের পুনরায় ব্যবহার করা হয়।

কার্য পদ্ধতি : সল্‌ভে পদ্ধতি নিম্নলিখিত কয়েকটি ভাগে বিভক্ত। যথা—

(১) **লবণোদকের (ব্রাইন) অ্যামোনিয়া সংপৃক্তকরণ**—উপরের একটি চৌবাচ্চা হইতে গাঢ় লবণোদক কতকগুলি তাকযুক্ত একটি লৌহনির্মিত স্তম্ভের ভিতর নল বাহিয়া ধীরে ধীরে পর পর সজ্জিত তাকে নীচে নামিতে থাকে এবং স্তম্ভের তলদেশে সঞ্চিত লবণোদকের মধ্য দিয়া একটি নলের সাহায্যে অল্প CO_2 মিশ্রিত অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবেশ করান হয়। অ্যামোনিয়া গ্যাস উপরের দিকে বুদবুদ আকারে উঠিবার সময় লবণোদকে দ্রবীভূত হইয়া ইহাকে সংপৃক্ত করে। অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত হইবার সময় লবণোদকের উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় বলিয়া দ্রবণের মধ্যে ডুবানো একটি কুণ্ডলাকৃতি নলের ভিতর দিয়া শীতল জল-প্রবাহে উষ্ণতা 40°–60°C রাখা হয়। লবণোদকে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রণ লবণ অ্যামোনিয়াস্থিত CO_2-এর বিক্রিয়ায় উহাদের অদ্রাব্য কার্বনেট উৎপন্ন করিয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষেপসহ অ্যামোনিয়া সংপৃক্ত লবণোদককে স্তম্ভের নীচে একটি চৌবাচ্চায় রাখিয়া কার্বনেট প্রভৃতি অদ্রাব্য বস্তু থিতান হয়।

(২) **অ্যামোনিয়া-সংপৃক্ত লবণোদকের অঙ্গারাম্লীকরণ**—ইহা একটি সু-উচ্চ সল্‌ভে স্তম্ভে সুসম্পন্ন করা হয়। ঢালাই লৌহনির্মিত এই স্তম্ভ বড় ছিদ্রযুক্ত তাক দ্বারা অনেকগুলি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত এবং প্রত্যেক তাকের ছিদ্রের উপর ঝাঁকড়াযুক্ত ঢাকনা থাকে। পাম্পের সাহায্যে শীতল অ্যামোনিয়া-সংপৃক্ত লবণোদক এই স্তম্ভের মধ্যে ফেলিলে উহা ঢাকনার উপর পড়িয়া ছিদ্রপথে নীচের প্রকোষ্ঠে নামিয়া আসে এবং পরিশেষে স্তম্ভের নীচের অংশে জমা হয়। স্তম্ভের তলদেশ হইতে চাপ প্রয়োগে CO_2 গ্যাস ঐ দ্রবণে প্রবেশ করান হয় ; ইহা দ্রবণের মধ্য দিয়া উপর দিকে প্রবাহকালে পারস্পরিক বিক্রিয়ায় স্বল্প দ্রাব্য সোডিয়াম বাই-কার্বনেট এবং দ্রাব্য অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করিয়া অবিকৃত লবণোদকের সহিত স্তম্ভের নীচে কাদার মত সঞ্চিত হয়। বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক বলিয়া বর্ধিত উষ্ণতায় সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়। সেইজন্য স্তম্ভের নীচের অংশ শীতল জল-প্রবাহযুক্ত নলের সাহায্যে বেস্টন করিয়া উষ্ণতা 30°-40°C রাখা হয়।

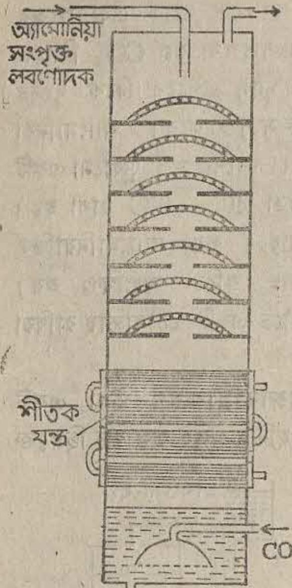


চিত্র ৬২

(৩) **পরিস্রাবণ**—কাদার মত সোডিয়াম বাই-কার্বনেট অধঃক্ষেপ ঘূর্ণমান অনুপ্রেষ পরিস্রাবকের সাহায্যে ফেল্ট কাপড়ের উপর ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। দ্রবণে অর্ধ-নিমজ্জিত তারজালি পিপার উপরিভাগে ফেল্ট

কাপড় ছড়ান থাকে। পিপার অভ্যন্তর বায়ু-শূন্য রাখিয়া খুব ধীরে আবর্তিত করিলে ফেল্ট কাপড়ের উপরে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট জমা হয়; ইহাতে জল ছড়াইয়া ধৌত করিয়া চাঁচিয়া লওয়া হয় এবং পরে শুষ্ক করা হয়।

$$NaCl + NH_3 + H_2O + CO_2 = NaHCO_3 + NH_4Cl$$



চিত্র ৬৩

(ঘ) **ভস্মীকরণ**—সংগৃহীত সোডিয়াম বাই-কার্বনেট একটি ঘূর্ণ-চুল্লীতে 180°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। ইহাকে সোডা-ভস্ম বলে। ইহা 99·5% বিশুদ্ধ। $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$.

(খ) সল্‌ভে পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া-সংপৃক্ত লবণোদক অঙ্গারাম্লীকরণ প্রক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় সল্‌ভে-স্তম্ভের নীচের অংশে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র সোডিয়াম বাই-কার্বনেট কেলাস উৎপন্ন হয়। ইহাকে ফেল্ট কাপড়ের ভিতর দিয়া অনুপ্রেষ পরিস্রাবকের সাহায্যে ছাঁকিয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেট কেলাস পৃথক করিয়া পরে শুষ্ক করা হয়। ইহা বিশুদ্ধ নয়।

প্রথমে অবিশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে শীতল জলে ধৌত করিয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম লবণ দূরীভূত করা হয়। অতঃপর ইহাকে গরম জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের মধ্যে কুণ্ডলীকৃত নলের সাহায্যে স্টীম প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়; ইহাতে দ্রবীভূত অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড অপসারিত হয়। এই দ্রবণে পুনরায় CO_2 প্রবাহিত করিলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহাকে ছাঁকিয়া পৃথক করিয়া শুষ্ক করিলে প্রায় 100% বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

ব্যবহার—সোডিয়ায বাই-কার্বনেট (১) অজীর্ণ রোগে ঔষধরূপে ও রুটি, বিস্কুট প্রস্তুতিতে বেকিং পাউডার হিসাবে, (২) সোডা, লেমনেড প্রভৃতি বাতান্বিত পানীয় ও CO_2 প্রস্তুতিতে এবং (৩) অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রে ব্যবহৃত হয়।

(গ) সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে অতিরিক্ত CO_2 চালনা করিলে স্বল্প-দ্রাব্য সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়। ইহাকে অল্প উত্তাপে বাষ্পায়িত করিলে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের সাদা কেলাস পাওয়া যায়।

$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2NaHCO_3$$

সাদা সোডিয়াম বাই-কার্বনেট কেলাস 180°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ইহা বিশ্লিষ্ট

হইয়া অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয় এবং CO_2 ও জলীয় বাষ্প নির্গত হয় : $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$.

(ঘ) ৩১৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ৩১৭। (ক) সল্‌ভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির মূলনীতি সমীকরণসহ বিবৃত কর। (খ) ইহার কয়েকটি ব্যবহার লিখ। (গ) এই পদ্ধতিতে পটাসিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা যায় না কেন? (ঘ) ধৌতি-সোডা ও সোডা-ভস্ম কি?

উত্তর : (ক) **সল্‌ভে পদ্ধতি : নীতি**—৩১৬ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(খ) **ব্যবহার**—সোডিয়াম কার্বনেট (১) কাচ, সাবান ও কষ্টিক সোডা উৎপাদনে, (২) বস্ত্র ও কাগজ শিল্পে, (৩) পোষাক পরিচ্ছদ ও অন্যান্য দ্রব্য পরিষ্করণে, (৪) জলের খরতা দূরীকরণে, (৫) সোডিয়ামের বিভিন্ন যৌগ প্রস্তুতিতে এবং (৬) পরীক্ষাগারে বিকারকরূপে ব্যবহৃত হয়।

(গ) সল্‌ভে পদ্ধতিতে পটাসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণকে অ্যামোনিয়া দ্বারা সংপৃক্ত করিয়া উহাতে CO_2 চালনা করিলে বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পটাসিয়াম বাই-কার্বনেট সোডিয়াম লবণ অপেক্ষা অধিক দ্রাব্য বলিয়া দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, উহা দ্রবণ হইতে কঠিন অবস্থায় পৃথক হয় না। সেই কারণে পটাসিয়াম কার্বনেট সল্‌ভে পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায় না।

(ঘ) সোদক সোডিয়াম কার্বনেট 10 অণু কেলাস-জল যুক্ত ($Na_2CO_3.10H_2O$) সাদা উদ্‌ত্যাগী স্ফটিক। ইহাকে ধৌতি-সোডা বলে। ধৌতি-সোডা উত্তপ্ত করিলে অধিক উষ্ণতায় উহার কেলাস জল সম্পূর্ণ দূরীভূত হইয়া অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। ইহাকে সোডা-ভস্ম বলে।

প্রশ্ন : ৩১৮। (ক) কি কি উপায়ে সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা যায়? (খ) যে-কোন একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। (গ) বিভিন্ন পদ্ধতির মধ্যে তুলনামূলকভাবে কি কি সুবিধা ও অসুবিধা আছে উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে (i) লেঁ ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতি, (ii) অ্যামোনিয়া-সোডা বা সল্‌ভে পদ্ধতি এবং (iii) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি এই তিনটি পন্থায় সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্য উৎপাদন করা যায়। বর্তমানে সল্‌ভে পদ্ধতি সর্বাপেক্ষা বেশী প্রচলিত।

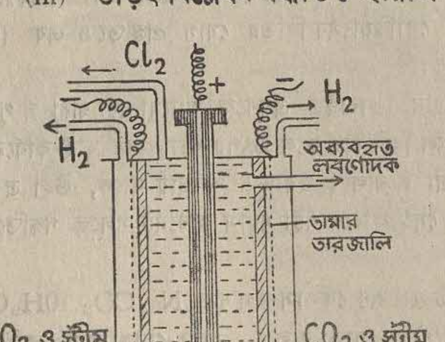
(খ) (i) **লেঁ ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতি**—একটি লৌহ পাত্রে সম-পরিমাণ খাদ্যলবণ ($NaCl$) ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ পরাবর্ত চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় এবং HCl গ্যাস নির্গত হয়। উৎপন্ন সোডিয়াম সালফেট জমিয়া পিষ্টকাকার হয় বলিয়া ইহাকে সল্ট-কেক বলে। নির্গত HCl গ্যাসকে কোক-ভর্তি একটি স্তম্ভে শীতল জলের ধারায় শোষণ করিলে অবিশুদ্ধ HCl দ্রবণ পাওয়া যায়। $2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$.

বিচূর্ণ সোডিয়াম সালফেটের সহিত চুনাপাথর ও কোক-চূর্ণ মিশাইয়া 800°–1000°C উষ্ণতায় একটি ঘূর্ণ-চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং CO নির্গত হয়। উৎপন্ন কালো পদার্থে Na_2CO_3 (40%)-এর সহিত CaS, CaO, কার্বন প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। ইহাকে কৃষ্ণ-ভস্ম বলে। $Na_2SO_4+4C=Na_2S+4CO$; $Na_2S+CaCO_3=Na_2CO_3+CaS$; $CaCO_3=CaO+CO_2$.

কৃষ্ণ-ভস্মকে বিচূর্ণ করিয়া জলে ফুটাইলে অশুদ্ধগুলি থিতাইয়া পড়ে এবং সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত হয়। উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ উত্তাপ প্রয়োগে গাঢ় করিয়া শীতল করিলে ধৌতি-সোডা, $Na_2CO_3.10H_2O$ কেলাসিত হয়। এই কেলাসকে অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডা-ভস্ম পাওয়া যায়।

(ii) **সল্‌ভে পদ্ধতি**—৩১৬ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(iii) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি : হারগ্রিভস-বার্ড সেল**—এই বিশেষ ধরণের মধ্যাবরক সেলে লবণোদকের তড়িৎ-বিশ্লেষণে কষ্টিক সোডা উৎপন্ন হইবামাত্র CO_2 প্রবাহে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করা হয়।



চিত্র ৬৪

ঢালাই লৌহ-নির্মিত একটি আয়তাকার পাত্রের ভিতর দিক সিমেণ্ট লিপ্ত থাকে। দুইটি পুরু ও সচ্ছিদ্র অ্যাসবেস্টস চাদরের উপর সিমেণ্ট লেপিয়া উহাদের সেলের মধ্যে দুইদিকে রাখিয়া তিনটি কক্ষে বিভক্ত করা হয়; অ্যাসবেস্টস চাদর দুইটি মধ্যাবরক বা ঝিল্লীর কাজ করে। উহাদের বাহিরের দিক তামার তারজালি দ্বারা আবৃত; ইহারা ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত হয়। মধ্য কক্ষে গাঢ় লবণোদক রাখিয়া ইহাতে একটি গ্যাস-কার্বন দণ্ড ডুবাইয়া রাখা হয়; ইহা অ্যানোডরূপে কাজ করে। সেলের নিম্নদেশ দিয়া নলের সাহায্যে গাঢ় লবণোদক মধ্য কক্ষে প্রবেশ করে এবং ইহা উপরের দিকের একটি নির্গম পথে বাহির হইয়া যায়। সমস্ত পাত্রটি উপরের দিক আবৃত এবং উহাতে প্রত্যেক কক্ষ হইতে গ্যাস নিষ্ক্রমণের জন্য নল যুক্ত থাকে। দুই পার্শ্বের কক্ষের ভিতরে নলের সাহায্যে স্টীম ও CO_2 প্রবেশ করান হয়। অতঃপর ব্যাটারীর সহিত যথারীতি সেলের অ্যানোড ও ক্যাথোড যুক্ত করিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত হইয়া অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন করে এবং নির্গম-পথে বাহির হয়। সোডিয়াম আয়ন, Na^+ সিক্ত অ্যাসবেস্টস মধ্যাবরকের ভিতর দিয়া চলিয়া গিয়া ক্যাথোড তারজালিতে

সংস্পর্শমাত্র সোডিয়াম ধাতুতে পরিণত হয়। ইহা দুই পার্শ্বের কক্ষে স্টীমের সহিত বিক্রিয়ায় কষ্টিক সোডা ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে; হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গম-নল দিয়া নিষ্ক্রান্ত হয়। কষ্টিক সোডা কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয় এবং গাঢ় দ্রবণরূপে সেলের তলদেশের নির্গম নল বাহিয়া একটি চৌবাচ্চায় সঞ্চিত হয়। ইহাতে প্রায় 12% সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত থাকে। এই দ্রবণকে অনুপ্রেষ বাষ্পায়কে বাষ্পীভূত করিলে সোডিয়াম কোরাইড পৃথক হয়। অতঃপর দ্রবণকে কেলাসিত করিলে সোডিয়াম কার্বনেটের স্ফটিক, $Na_2CO_3.10H_2O$ পাওয়া যায়। $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$.

ক্যাথোডে : $Na^+ + e = Na$; $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$;

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O.$$

অ্যানোডে : $Cl^- - e = Cl$; $2Cl = Cl_2$.

[**দ্রষ্টব্য :** যে কোন একটি পদ্ধতি বলিলে সল্‌ভে পদ্ধতি লিখিবে।]

(গ) **তুলনা—(১) লে ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতি :** (ক) **সুবিধা**—(i) HCl উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়; (ii) ক্ষারীয় অবশেষ হইতে সালফার পুনরুদ্ধার করিয়া H_2SO_4 উৎপাদনের মাধ্যমে পুনরায় ব্যবহার করা যায়; এবং (iii) সল্ট-কেক্ Na_2SO_4 সরাসরি কাচ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। (খ) **অসুবিধা**—(i) এই পদ্ধতি খুবই ব্যয়সাধ্য; (ii) উৎপন্ন সোডিয়াম কার্বনেট বিশুদ্ধ নয়; এবং (iii) ইহাতে অনেক সময় ক্ষতিকারক গ্যাস নির্গত হয়।

(২) **অ্যামোনিয়া-সোডা বা সল্‌ভে পদ্ধতি : সুবিধা**—(i) এই পদ্ধতির উৎপাদন ব্যয় কম; (ii) NH_3 ও CO_2 পুনরুদ্ধার করিয়া বারংবার ব্যবহার করা যায়; (iii) উৎপন্ন সোডা প্রায় 99·5% বিশুদ্ধ; (iv) বিক্রিয়া-জাত সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ঔষধরূপে ও অন্যান্য শিল্পে ব্যবহৃত হয়; এবং (v) এই পদ্ধতির উৎপাদন ক্ষমতা সর্বাপেক্ষা বেশী। (খ) **অসুবিধা**—(i) উপজাত ক্লোরিন পুনরুদ্ধার করা যায় না; (ii) মূল্যবান অ্যামোনিয়া সংরক্ষণের জন্য সর্বদাই লক্ষ্য রাখিতে হয়; এবং (iii) ইহাতে অধিক সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যয়িত হয়।

(৩) **তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতি :** (ক) **সুবিধা**—(i) এই পদ্ধতি সর্বাপেক্ষা সুলভ; (ii) উৎপন্ন সোডিয়াম কার্বনেট সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ; (iii) উপজাত হিসাবে প্রাপ্ত মূল্যবান ক্লোরিন বিরঞ্জক-চূর্ণ ও অন্যান্য শিল্পে ব্যবহৃত হয়; এবং (iv) উপজাত হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংমিশ্রণে HCl প্রস্তুত করা যায়। (খ) **অসুবিধা**—এই পদ্ধতির কোন অসুবিধা নাই বলা চলে তবে ইহা তড়িৎশক্তির উপর নির্ভরশীল।

প্রশ্ন : ৩১৯। (ক) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে কিভাবে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা হয় চিত্রসহ বর্ণনা কর। (খ) ইহার ব্যবহার লিখ। (গ) গলন-মিশ্র কি?

উত্তর : (ক) ৩১৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (iii) অংশ দেখ।

ব্যবহার—৩১৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(গ) **গলন-মিশ্র**—আণবিক অনুপাতে সোডিয়াম কার্বনেট ও পটাসিয়াম কার্বনেটের মিশ্রণকে গলন-মিশ্র বলে। ইহা অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় (712°C) গলে। ইহা পরীক্ষাগারে কাজে লাগে।

প্রশ্ন : ৩২০। (ক) প্রেকট পদ্ধতিতে পটাসিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির বিবরণ দাও। (খ) সল্‌ভে পদ্ধতিতে ইহার প্রস্তুত করার অসুবিধা কি? (গ) কৃষ্ণ ভস্ম, পার্ল ভস্ম এবং সোডা-ভস্ম কি?

উত্তর : (ক) **প্রেকট পদ্ধতি**—৩১২ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) ৩১৭ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(গ) **কৃষ্ণ ভস্ম**—৩১৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।

পার্ল ভস্ম—পটাসিয়াম কার্বনেটকে পার্ল ভস্ম বলে। ইহা সাদা উদ্‌গ্রাহী স্ফটিক, গলনাঙ্ক 900°C. ইহা জলে অত্যধিক দ্রবণীয় এবং তীব্র ক্ষারধর্মী।

সোডা-ভস্ম—৩১৭ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ৩২১। সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে কিভাবে (i) সোডিয়াম, (ii) কস্টিক সোডা, (iii) সোডিয়াম বাই-কার্বনেট, (iv) সোডিয়াম কার্বনেট, (v) সোডিয়াম সালফেট (vi) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়?

উত্তর : (i) বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে কিছু অনার্দ্র $CaCl_2$ সহ 600°C উষ্ণতায় একটি লৌহপাত্রে কার্বন অ্যানোড ও আয়রণ ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া তড়িৎ প্রবাহ চালাইলে ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হয় এবং অ্যানোডে ক্লোরিন নির্গত হয়। $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$; $Na^+ + e = Na$; $2Cl^- - 2e = Cl_2$.

(ii) সোডিয়াম ক্লোরাইডের সংপৃক্ত জলীয় দ্রবণ পারদ ক্যাথোড সেলে বা মধ্যাবরক সেলে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে ক্লোরিন এবং প্রথমে ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হয়; এই সোডিয়াম ভিন্ন কক্ষে জলের সহিত বিক্রিয়ায় কষ্টিক সোডা ও H_2 উৎপন্ন করে। $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$: $Na^+ + e = Na$; $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$; $2Cl^- - 2e = Cl_2$. দ্রবণকে উত্তাপ প্রয়োগে বাষ্পায়িত করিলে কঠিন কষ্টিক সোডা পাওয়া যায়।

(iii) সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণকে অ্যামোনিয়া গ্যাস-প্রবাহে সংপৃক্ত করিয়া উহার ভিতর দিয়া CO_2 প্রবাহিত করিলে স্বল্প-দ্রাব্য সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহাকে দ্রবণ হইতে বিশেষ ব্যবস্থায় ফেল্ট কাপড়ের উপর অনুপ্রেষ পরিস্রাবক সাহায্যে পৃথক করিয়া শুষ্ক করা হয়। $NH_3 + CO_2 + H_2O = NH_4HCO_3$; $NH_4HCO_3 + NaCl = NaHCO_3 + NH_4Cl$

(iv) সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে পূর্বোক্ত উপায়ে উৎপন্ন সোডিয়াম বাই-কার্বনেট কেলাস 180°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে বিযোজনের ফলে সোডিয়াম কার্বনেট অবশেষ-রূপে পাওয়া যায় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

(v) কঠিন সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ পরাবর্ত চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে কঠিন পিণ্ডরূপে সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় এবং HCl গ্যাস নির্গত হয়। $2NaCl+H_2SO_4=Na_2SO_4+2HCl$. কঠিন পিণ্ডকে গরম জলে দ্রবীভূত করিয়া ঘনীভূত করিলে সোদক সোডিয়াম সালফেট স্ফটিক, $Na_2SO_4.10H_2O$ পাওয়া যায়।

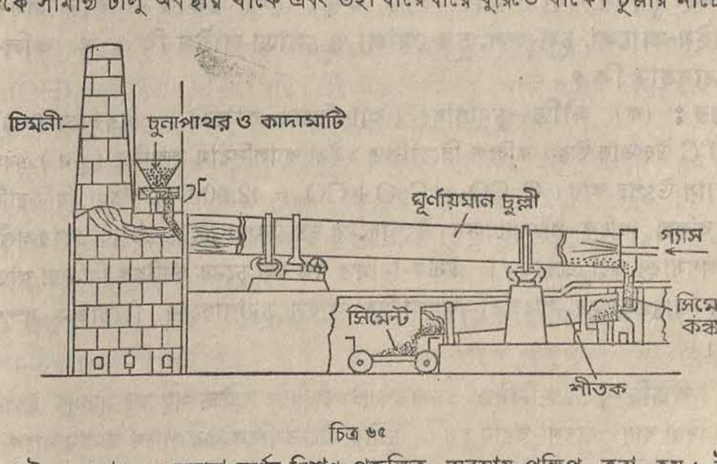
(vi) পূর্বোক্ত উপায়ে নির্গত HCl গ্যাসকে কোক-ভর্তি একটি স্তম্ভে শীতল জলের ঝরণা ধারায় শোষণ করিলে HCl দ্রবণ পাওয়া যায়।

প্রশ্ন ঃ ৩২২। (ক) সিমেণ্ট কি? ইহার প্রধান উপাদানগুলি কি কি? (খ) সিমেণ্টের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতির বিবরণ দাও। (গ) ইহার ব্যবহার লিখ। (ঘ) সিমেণ্ট মর্টার, কংক্রীট ও ফেরো-কংক্রীট কি?

উত্তর ঃ (ক) সিমেণ্ট ধূসর বর্ণের জটিল সংযুক্তির মিশ্র পদার্থ। ইহা অতি মিহি গুঁড়ার আকারে ট্রাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেট ($3CaO.SiO_2$) এবং ডাই-ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনিয়েটের ($2CaO.Al_2O_3$) মিশ্রণ। ইহাতে অল্প পরিমাণে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড, ক্ষার ধাতুর অক্সাইড এবং যৎসামান্য ফেরিক অক্সাইড থাকে। অতএব সিমেণ্টের প্রধান উপাদান চুন, বালি বা সিলিকা এবং অ্যালুমিনা।

(খ) **পদ্ধতি**—সাধারণতঃ কাদামাটি বা ক্লে এবং চুনাপাথরের মিশ্রণ বিচূর্ণ অবস্থায় বিশেষ চুল্লীতে প্রায় 1400°–1500°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া সিমেণ্ট প্রস্তুত করা হয়।

তিন ভাগ চুনাপাথর ও এক ভাগ পরিষ্কার কাদা মাটির মিশ্রণ প্রথমে যন্ত্রের সাহায্যে ছোট ছোট খণ্ডে পরিণত করিয়া পরে পেষণ যন্ত্রে এবং পরিশেষে টিউব যন্ত্রে উহাদের অতি সূক্ষ্ম গুঁড়ায় পরিণত করা হয়। অতঃপর চুনাপাথর ও কাদা মাটির অতি মিহি গুঁড়ার এই মিশ্রণকে যন্ত্রের সাহায্যে একটি উত্তপ্ত লম্বা নলাকৃতি ঘূর্ণ চুল্লীর মধ্যে উপর দিক দিয়া অল্প অল্প করিয়া ফেলা হয়। চুল্লীটি প্রায় অনুভূমিকভাবে অপর প্রান্তের দিকে সামান্য ঢালু অবস্থায় থাকে এবং উহা ধীরে ধীরে ঘুরিতে থাকে। চুল্লীর নীচের দিক



চিত্র ৬৫

দিয়া উত্তপ্ত বায়ু ও কয়লা-চূর্ণের মিশ্রণ প্রজ্জলিত অবস্থায় প্রক্ষিপ্ত করা হয়; ইহাতে চুল্লীর অভ্যন্তরে প্রচণ্ড উত্তাপের সৃষ্টি হয়। চুল্লীর অভ্যন্তরে মিশ্রণটি উত্তপ্ত গ্যাসের মধ্যে

দিয়া অতি ধীরে নীচে নামিবার সময় জলীয় বাষ্প ও CO_2 মুক্ত হয় এবং চুল্লীর নীচের অংশে সর্বাধিক উষ্ণতায় (প্রায় $1400° - 1500°C$) চুন, সিলিকা ও অ্যালুমিনার পারস্পরিক বিক্রিয়ায় বিভিন্ন জটিল ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও অ্যালুমিনেটের ছোট ছোট আকারের শক্ত কাঁকরে পরিণত হয়। এই কাঁকরগুলি চুল্লীর শেষ প্রান্ত দিয়া অপর একটি ঢালু ছোট ঘূর্ণমান নলের মধ্যে পড়ে এবং নল বাহিয়া নীচে নামিবার সময় ঠাণ্ডা হইতে থাকে। শীতল অবস্থায় এই কাঁকরগুলিকে পেশাই যন্ত্রে অতি সূক্ষ্ম গুঁড়ায় বিচূর্ণ করিলেই সিমেন্ট প্রস্তুত হয়।

(গ) **ব্যবহার**—সিমেন্ট প্রযুক্তি-বিদ্যায় এবং কলকারখানা ও ঘরবাড়ী প্রভৃতি নির্মাণ-কার্যে ব্যবহৃত হয়। সিমেন্ট মর্টার দ্বারা বাড়ীর দেওয়াল, ঘরের মেঝে, জলের চৌবাচ্চা, পাকা রাস্তা প্রভৃতি প্রস্তুত করা হয়। ফেরো-কংক্রীট দ্বারা দালানের ছাদ, জলের বাঁধ, সেতু প্রভৃতি তৈয়ারী হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ক্ষার উৎপাদনে তড়িৎ সেলে পাতলা ঝিল্লী প্রস্তুতিতে সিমেন্ট ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(ঘ) সিমেন্ট ও বালির মিশ্রণে জল মিশাইয়া লেই প্রস্তুত করিয়া গাঁথুনীর কাজে ব্যবহৃত হয় ; ইহাকে সিমেন্ট মর্টার বলে। ইহা কয়েক ঘণ্টার মধ্যেই জমিয়া শক্ত হইয়া যায়। আবার নির্দিষ্ট অনুপাতে বালি, পাথরের টুকরা ও সিমেন্ট একত্রে জলের সহিত মিশাইলে যে গাঁথুনীর মশলা প্রস্তুত হয় তাহাকে কংক্রীট বলা হয় ; ইহা খুবই শক্ত ও মজবুত। ইহা ছাড়া ইস্পাত বা লোহার কাঠামো ভিতরে রাখিয়া কংক্রীট জমাইলে উহা আরও বেশী শক্ত হয় এবং কংকীট ফাটিয়া যাইবার সম্ভাবনা হ্রাস পায়। ইহাকে ফেরো-কংক্রীট বলে।

প্রশ্ন : ৩২৩। (ক) চুনাপাথর হইতে চুনের (পোড়াচুন) পণ্য উৎপাদনের মূল তত্ত্ব কি? ইহা কিভাবে পালিত হয়? (খ) চুল্লীর বিবরণসহ চুনের পণ্য প্রস্তুতি বিবৃত কর। (গ) ইহার ব্যবহার লিখ। (ঘ) লাইম-আলো, চুন-জল, চুন-গোলা ও সোডা-লাইম কি? (ঙ) কলি-চুনের ব্যবহার কি?

উত্তর : (ক) **নীতি**—চুনাপাথর (ক্যালসিয়াম কার্বনেট) তীব্রভাবে $900° - 1000°C$ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে বিয়োজিত হইয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইড (চুন) এবং CO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2 - 42{,}000$ ক্যালরি। বিক্রিয়াটি উভমুখী বলিয়া অধিক পরিমাণ চুন উৎপাদনের জন্য উৎপন্ন CO_2-কে বিক্রিয়ার গণ্ডী হইতে অপসারণ করা প্রয়োজন। ইস্টক-নির্মিত বড় বড় চুনের ভাঁটিতে বিক্রিয়া-জাত CO_2-কে বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে অপসারিত করিয়া চুনাপাথরের বিয়োজন সম্পূর্ণ করা হয়।

(খ) **পদ্ধতি**—ইস্টক-নির্মিত চুনের ভাঁটি দেখিতে সুউচ্চ গম্বুজের মত। ইহার তলদেশ দিয়া বায়ু প্রবেশ করান হয়। চুল্লীর নীচের দিকে এক পার্শ্বে উনান থাকে। এই উনানে সীমিত বায়ুপ্রবাহে কয়লা পোড়াইয়া উৎপন্ন প্রডিউসার গ্যাস উত্তপ্ত অবস্থায় চুল্লীর অভ্যন্তরে পরিচালিত করিয়া তাপিত করা হয়। ইহার ঠিক অপর

দিকে উৎপন্ন চুন বাহির করিবার জন্য একটি নির্গম-পথ থাকে। চুল্লীর উপরিভাগে প্রবেশ দ্বার দিয়া চুনাপাথরের ছোট ছোট খণ্ড ফেলা হয়; ইহারা চুল্লীর অভ্যন্তরে নীচে নামিতে থাকে। চুল্লীর মধ্যভাগে 900° – 1000°C উষ্ণতায় চুনাপাথর বিশ্লিষ্ট হইয়া চুন ও CO_2-এ পরিণত হয়। চুল্লীর তলদেশ দিয়া প্রেরিত বায়ুপ্রবাহ উৎপন্ন CO_2-কে সঙ্গে করিয়া উপরের দিকে উঠিয়া নির্গম-পথে নিষ্ক্রান্ত হয়। উৎপন্ন চুন নীচে নামিবার সময় শীতল হইয়া চুল্লীর মেঝেতে জমা হয়। ইহাকে নির্গম দ্বার দিয়া বাহির করিয়া আবদ্ধ টিনের পাত্রে রাখা হয়।



চিত্র ৬৬

(গ) **ব্যবহার**—চুন (১) অ্যালকোহল ও অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ককরণে, (২) কলিচুন ও ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রস্তুতিতে, (৩) কাচ শিল্পে, (৪) ধাতু নিষ্কাশনে বিগালক রূপে এবং (৫) সোডা-লাইম প্রস্তুতিতে ও তীব্র সাদা লাইম-আলো উৎপন্ন করিতে ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) পোড়া-চুন শ্বেত-তপ্ত অবস্থায় ভাস্কর হইয়া তীব্র সাদা আলো বিকিরণ করে। ইহাকে লাইম-আলো বলে।

কলিচুন, $Ca(OH)_2$ জলে অল্প দ্রবণীয়; ইহার স্বচ্ছ জলীয় দ্রবণকে চুন-জল বলে। ইহা রাসায়নিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়। কলিচুন অল্প জলের সহিত মিশাইলে উহা জলে প্রলম্বিত অবস্থায় থাকিয়া দুধের মত সাদা পদার্থ তৈরী করে; ইহাকে চুন-গোলা বলে।

গাঢ় কষ্টিক সোডা দ্রবণে পোড়াচুন মিশাইলে বিক্রিয়ার ফলে NaOH ও $Ca(OH)_2$-এর মিশ্রণ পাওয়া যায়। এই মিশ্র পদার্থকে সোডা-লাইম বলে। রাসায়নিক বিশ্লেষণে ইহা কষ্টিক সোডার মত ব্যবহার করে এবং কম জলাকর্ষী।

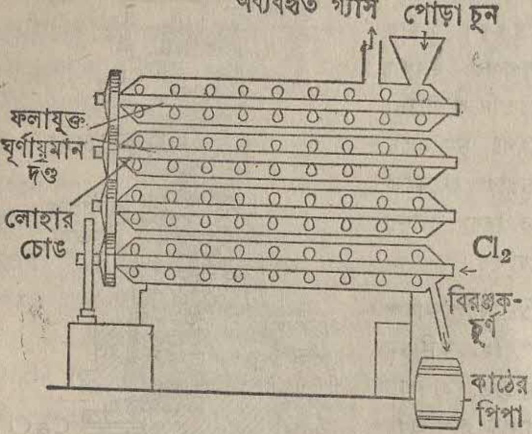
(ঙ) **ব্যবহার**—কলিচুন (১) ইট বা পাথরের গাঁথুনির মসলা তৈরী ও চুন-কামের জন্য, (২) সিমেণ্ট, কাচ, কষ্টিক সোডা, বিরঞ্জক-চুর্ণ, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি উৎপাদনে, (৩) চর্ম-শিল্পে, জলের খরতা দূরীকরণে ও কোল-গ্যাস পরিশোধনে, এবং (৪) কীটনাশক-রূপে ও সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ৩২৪। (ক) বিরঞ্জক-চুর্ণ কি? ইহার সংকেত লিখ। (খ) ইহার পণ্য উৎপাদন বর্ণনা কর। (গ) ইহা কি কাজে লাগে? (ঘ) বিরঞ্জক-চুর্ণের মূল্যায়ন কিভাবে স্থিরীকৃত হয়। অথবা, **প্রাপ্ত ক্লোরিন কি? ইহা সচরাচর কি পরিমাণে থাকে?**

উত্তর : (ক) বিরঞ্জক-চুর্ণ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট নামক যুগ্ম লবণ। ইহার রাসায়নিক নাম ক্যালসিয়াম ক্লোরো-হাইপোক্লোরাইট, Ca(OCl)Cl.

(খ) **পদ্ধতি**—শুষ্ক কলিচুনের সহিত $35° - 40°C$ উষ্ণতায় ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় বিরঞ্জক-চূর্ণের পণ্য উৎপাদন করা হয়: $Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$.

হেসেনক্লেভার যন্ত্রের সাহায্যে অতি লঘু ক্লোরিন গ্যাসের সহিত কলিচুনের সংযোগে বিরঞ্জক-চূর্ণ প্রস্তুত করা হয়। ইহাতে কয়েকটি ঢালাই লোহার চোঙ অনুভূমিকভাবে উপর-নীচ পর পর সজ্জিত থাকে। উহাদের প্রত্যেকটিতে আলোড়ক হিসাবে কতকগুলি ফলাযুক্ত ঘূর্ণমান দণ্ড লাগান থাকে। উপরের চোঙের এক প্রান্তস্থিত প্রবেশদ্বার দিয়া কলিচুন যোগ করিলে ইহা ঘূর্ণমান আলোড়কের



চিত্র ৬৭

সাহায্যে চোঙের ভিতর এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে যাইয়া পরিশেষে প্রান্তস্থিত নলের মধ্য দিয়া নীচের চোঙে পড়ে এইভাবে কলিচুন সব চোঙগুলি অতিক্রম করে। সেইসঙ্গে সর্বনিম্ন চোঙের ভিতর দিয়া বায়ুমিশ্রিত শুষ্ক ও CO_2 মুক্ত ক্লোরিন গ্যাস প্রবেশ করান হয়; এই ক্লোরিন গ্যাস প্রত্যেকটি চোঙের মধ্য দিয়া উপরের দিকে উঠিতে থাকে। ফলে কলিচুন ও ক্লোরিনের বিপরীতমুখী প্রবাহে উহাদের মধ্যে পূর্ণাঙ্গ সংযোগ ঘটে এবং কলিচুন ক্লোরিন গ্যাস সম্পূর্ণ শোষণ করিয়া বিরঞ্জক-চূর্ণ উৎপন্ন করে। চোঙের ভিতরের উষ্ণতা $35° - 40°C$ রাখা হয়। সর্বনিম্ন চোঙ হইতে বিরঞ্জক-চূর্ণ নীচে স্থাপিত কাঠের পিপায় পড়ে এবং উদ্বৃত্ত গ্যাস সকলের উপরের চোঙ হইতে নির্গম-পথে নিষ্ক্রান্ত হয়।

(গ) **ব্যবহার**—কাগজ, বস্ত্র এবং বিভিন্ন প্রকারের সূতীবস্ত্র বিরঞ্জনের জন্যই ইহা বেশী ব্যবহৃত হয়। বিরঞ্জক-চূর্ণ জীবাণুনাশক রূপে, পানীয় জল শোধনে, হাসপাতালে ও নর্দমা প্রভৃতিতে সংক্রামক রোগের প্রতিষেধক রূপে এবং ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) বিরঞ্জক-চূর্ণ লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ক্লোরিন নির্গত করে। প্রতি 100 গ্রাম বিরঞ্জক-চূর্ণ হইতে লঘু অ্যাসিড যত গ্রাম ক্লোরিন নির্গত করে তাহাকে প্রাপ্য ক্লোরিন বলে। ইহার পরিমাণের উপরই বিরঞ্জক চূর্ণের মূল্যায়ন হয় কারণ এই ক্লোরিনের জন্য ইহার জারণ ও বিরঞ্জক ক্ষমতা থাকে। সাধারণতঃ বিরঞ্জক-চূর্ণে $35 - 38\%$ ক্লোরিন থাকে।

প্রশ্ন : ৩২৫। (ক) প্যারিস প্লাস্টার কি ? ইহার পণোৎপাদনের বিবরণ দাও। (খ) ইহার প্রস্তুতিতে কি সতর্কতার প্রয়োজন হয় এবং কেন ? (গ) ইহার কি বিশেষ গুণ আছে ? (ঘ) ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) বিশেষ ব্যবস্থার মাধ্যমে জিপসাম বা সোদক ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4.2H_2O$)-এর কেলাস জল আংশিক দূরীভূত করিলে যে সাদা কঠিন পদার্থ পাওয়া যায় তাহাকে প্যারিস-প্লাস্টার বলে। ইহার সংকেত $(CaSO_4)_2.H_2O$.

পদ্ধতি—খনিজ জিপসামকে ঘূর্ণ-চুল্লীতে লইয়া উহার চারিদিকে কয়লা বা প্রডিউসার গ্যাস পোড়াইয়া $120° - 130°C$ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। এই উষ্ণতায় জিপসামের কেলাস-জলের তিন-চতুর্থাংশ বাষ্পাকারে অপসারিত হয়। বিক্রিয়া-শেষে প্যারিস-প্লাস্টার সাদা কঠিন চূনরূপে চুল্লীতে পড়িয়া থাকে। $2(CaSO_4.2H_2O) = (CaSO_4)_2.H_2O + 3H_2O$.

(খ) প্যারিস প্লাস্টার উৎপাদনে দুইটি বিষয়ে লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন। যথা—(i) চুল্লীর উষ্ণতা 130°C-এর অধিক যেন না হয় কারণ অধিক উষ্ণতায় জিপসাম সম্পূর্ণরূপে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম সালফেটে পরিণত হয় ; তখন ইহা জলের সহিত জমাট বাঁধে না। (ii) জিপসামকে উত্তপ্ত করিবার সময় ইহা যেন কার্বনযুক্ত জ্বালানীর সংস্পর্শে না আসে কারণ ইহাতে জিপসাম জ্বালানীস্থিত কার্বন বা উৎপন্ন CO দ্বারা বিজারিত হইয়া ক্যালসিয়াম সালফাইডে পরিণত হয়।

(গ) প্যারিস-প্লাস্টারের বিশেষ গুণ এই যে এই গুঁড়াতে জল মিশাইয়া লেই প্রস্তুত করিয়া রাখিয়া দিলে উহা অতি অল্প সময়ের মধ্যেই জমিয়া শক্ত হইয়া যায় ; অধিকন্তু শক্ত হইবার সময় ইহার আয়তন একটু বৃদ্ধি পায় বলিয়া প্যারিস-প্লাস্টার ছাঁচে ঢালাই কার্যের পক্ষে খুব উপযোগী।

(ঘ) **ব্যবহার**—প্যারিস-প্লাস্টার ঢালাইয়ের কাজে, মূর্তি নির্মাণে, ভাস্কর্যে এবং ভাঙ্গা হাড় জোড়া লাগানোর জন্য ব্যাণ্ডেজ বাঁধার কার্যে ব্যবহৃত হয়। অপরাধী নির্ধারণে হাত-পা ছাপ তুলিতে এবং দালানের প্লাস্টারের জন্য ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন : ৩২৬। (ক) কিভাবে সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড হইতে অনার্দ্র স্ফটিক প্রস্তুত করা যায়। ইহার ব্যবহার লিখ। (খ) এপসাম লবণ কি ? ইহা কি প্রয়োজনে লাগে ? (গ) ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট কিরূপে প্রস্তুত করা হয় ? ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) **অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড : প্রস্তুতি**—(১) শুষ্ক HCl গ্যাস-প্রবাহে সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2.6H_2O$) উত্তপ্ত করিলে উহার কেলাস জল সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হইয়া অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

(২) আণবিক অনুপাতে সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সংপৃক্ত দ্রবণ মিশাইয়া কেলাসিত করিলে অ্যামোনিয়াম ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের যুগ্ম লবণের ($NH_4Cl.MgCl_2.6H_2O$) কেলাস পাওয়া

যায়। ইহাকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে প্রথমে কেলাস জল এবং পরে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উদ্বায়িত হইয়া অপসারিত হয়; অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে।

ব্যবহার—অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। সোরেল সিমেন্ট এবং বিশেষ ধরণের সূতা প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার আছে।

(খ) **এপসাম লবণ**—7 অনু কেলাস জলযুক্ত সোদক ম্যাগনেসিয়াম সালফেট স্ফটিককে ($MgSO_4.7H_2O$) এপসাম লবণ বলে।

ব্যবহার—ম্যাগনেসিয়াম সালফেট (১) ঔষধে জোলাপ রূপে, (২) কাগজ, সিল্ক ও সূতার ওজন-বৃদ্ধি ও মসৃণ কার্যে, (৩) সাবান ও রঞ্জন শিল্পে, (৪) বস্ত্র অগ্নিরোধক করিতে, এবং (৫) চামড়া পরিষ্করণে ব্যবহৃত হয়।

(গ) **ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট : প্রস্তুতি**—(১) $MgCl_2$ বা $MgSO_4$ দ্রবণে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। (২) $MgCl_2$ দ্রবণে Na_2CO_3 দ্রবণ মিশাইয়া হাল্কা সাদা ক্ষারকীয় কার্বনেট $MgCO_3.Mg(OH)_2.3H_2O$ অধঃক্ষেপ ফেলা হয়। ইহাকে জলে প্রলম্বিত অবস্থায় রাখিয়া উহার ভিতর দিয়া CO_2 গ্যাস পরিচালনা করিলে ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেটের দ্রবণ উৎপন্ন হয়; এই দ্রবণকে ফুটাইলেই সাদা ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$2MgCl_2+2Na_2CO_3+H_2O=MgCO_3.Mg(OH)_2+4NaCl+CO_2$$

$$MgCO_3.Mg(OH)_2+3CO_2+H_2O=2Mg(HCO_3)_2$$

$$Mg(HCO_3)_2=MgCO_3+H_2O+CO_2$$

ব্যবহার—ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট (১) ঔষধ হিসাবে, (২) দাঁতের মাজন, প্রসাধনের পাউডার ও ছাপাখানার কালি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। এপ্‌সাম লবণ প্রস্তুতেও ইহার ব্যবহার দেখা যায়।

প্রশ্ন : ৩২৭। (ক) ধাতব কপার হইতে কিভাবে (i) কিউপ্রিক অক্সাইড, (ii) কিউপ্রাস ক্লোরাইড ও (iii) কপার সালফেট প্রস্তুত করিবে? উহাদের ব্যবহার লিখ। (খ) কপার পাইরাইটিস হইতে কিরূপে কপার সালফেট পাওয়া যায়?

উত্তর : (ক) (i) **কিউপ্রিক অক্সাইড : প্রস্তুতি**—ধাতব কপার-চূর্ণ বায়ু বা অক্সিজেন প্রবাহে দীর্ঘ সময় ধরিয়া উত্তপ্ত করিলে কালো কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় : $2Cu+O_2=2CuO$.

ব্যবহার—ইহা সবুজ ও নীলবর্ণের কাচ প্রস্তুতিতে, জৈব যৌগের বিশ্লেষণে ও জারকদ্রব্য হিসাবে, বিভিন্ন কপার লবণ প্রস্তুতে ও পেট্রোলিয়াম শোধনে ব্যবহৃত হয়।

(ii) **কিউপ্রাস ক্লোরাইড : প্রস্তুতি**—ধাতব কপার-চূর্ণকে উত্তপ্ত অবস্থায় বায়ুপ্রবাহ দ্বারা CuO-এ পরিণত করা হয়। ইহাকে গাঢ় HCl-এ উত্তাপ প্রয়োগে

দ্রবীভূত করিয়া উহাতে কপার ছিলা যোগ করিয়া ফুটান হয়। পরে এই দ্রবণকে পর্যাপ্ত পরিমাণ অক্সিজেনমুক্ত জলে ঢালিলে কিউপ্রাস ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। $CuO+Cu+2HCl=Cu_2Cl_2+H_2O$.

ব্যবহার—অ্যামোনিয়া বা HCl-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ গ্যাস বিশ্লেষণে কার্বন মনোক্সাইড ও অ্যাসিটিলিনের শোষক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(iii) **কপার সালফেট : প্রস্তুতি**—বায়ুর উপস্থিতিতে কপার টুকরার সহিত লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় কপার সালফেট প্রস্তুত করা হয়। একটি উচ্চ স্তম্ভের ভিতর কপার টুকরা রাখিয়া উপর হইতে লঘু H_2SO_4 ফেলা হয় এবং স্তম্ভের নীচ হইতে স্টীম ও বায়ুপ্রবাহ একসঙ্গে চালনা করা হয়। ইহাতে কপার অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া কপার সালফেট দ্রবণ উৎপন্ন করে এবং স্তম্ভের নীচে অবস্থিত প্রকোষ্ঠে জমা হয়। ইহা বারংবার পাম্পের সাহায্যে স্তম্ভের উপর হইতে ফেলিলে গাঢ় দ্রবণ পাওয়া যায়। $2Cu+2H_2SO_4+O_2=2CuSO_4+2H_2O$. এই দ্রবণ ছাঁকিয়া উত্তাপ প্রয়োগে ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে 5 অণু জলযুক্ত নীলবর্ণের কপার সালফেট কেলাস পাওয়া যায়। ইহাকে 'ব্লু ভিট্রিয়ল' বলে।

ব্যবহার—সোদক কপার সালফেট (১) তড়িৎ-কোষে, তড়িৎ-প্রলেপনে ও তড়িৎ-ছাঁচ প্রস্তুতে, (২) রাগবন্ধক হিসাবে, (৩) পরীক্ষাগারে বিকারকরূপে, এবং (৪) ছত্রাক, জীবাণুনাশক ও কীটনাশক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অনার্দ্র লবণ দ্বারা জৈব তরলে সামান্য জলের উপস্থিতি সনাক্ত করা যায়।

(খ) কপার পাইরাইটস আকরিক উপযুক্ত উষ্ণতায় সতর্কতার সহিত জারিত করিলে কপার সালফাইড কপার সালফেটে পরিণত হয়; কিন্তু আয়রন সালফাইড মুখ্যত অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। $4CuFeS_2+15O_2=4CuSO_4+2Fe_2O_3+4SO_2$. ইহাকে ঠাণ্ডা করিয়া উৎপন্ন কপার সালফেটকে জলে দ্রবীভূত করিয়া ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। এই দ্রবণ হইতে কেলাসন পদ্ধতিতে সোদক স্ফটিক $CuSO_4.5H_2O$ প্রস্তুত করা হয়। ইহার সহিত সমাকৃতি অল্প ফেরাস সালফেট মিশ্রিত থাকে। ইহাকে সামান্য HNO_3 সহ জলে দ্রবীভূত করিয়া পুনরায় কেলাসিত করিলে বিশুদ্ধ $CuSO_4.5H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়।

প্রশ্ন : ৩২৮। (ক) জিঙ্ক হোয়াইট কি? স্পেলটার হইতে সম্পূর্ণ সাদা জিঙ্ক অক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? (খ) ক্যালামাইন ও ফ্রাঙ্কলিনাইট আকরিক হইতে জিঙ্ক হোয়াইটের পণ্য উৎপাদন বর্ণনা কর। (গ) ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) সাদা জিঙ্ক অক্সাইড (ZnO) চূর্ণকে জিঙ্ক হোয়াইট বলে। ধাতব জিঙ্ককে বায়ু-প্রবাহে 500°C উষ্ণতার ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক জারিত হইয়া সাদা জিঙ্ক অক্সাইডের ধোঁয়া সৃষ্টি করে। $2Zn+O_2=2ZnO$. এই ধোঁয়া কাপড়ের থলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে উহা ঘনীভূত হইয়া অনিয়তাকার জিঙ্ক অক্সাইডের গুঁড়ারূপে থলেতে সঞ্চিত হয়। এই প্রক্রিয়ায় স্পেলটার (অবিশুদ্ধ জিঙ্ক) পোড়াইলে

উহাতে অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত লেড জারিত হইয়া হলুদ বর্ণের লেড মনোক্সাইডে পরিণত হইবার ফলে উৎপন্ন পদার্থ ঈষৎ হলুদ বর্ণের হয়। কিন্তু স্পেলটারকে CO_2 মিশ্রিত বায়ু-প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে লেড CO_2 ও অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় সাদা ক্ষারকীয় কার্বনেট গঠন করে। সেইজন্য সম্পূর্ণ সাদা বর্ণের জিঙ্ক অক্সাইড (জিঙ্ক হোয়াইট) পাওয়া যায়।

(খ) বিচূর্ণ ক্যালামাইন, ZnCO বা ফ্রাঙ্কলিনাইট, $ZnO.Fe_2O_3$ আকরিক কোক-চূর্ণের সহিত মিশাইয়া চুল্লীতে বায়ু-প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে আকরিক-স্থিত জিঙ্ক অক্সাইড কার্বন দ্বারা ধাতুতে বিজারিত হয়। জিঙ্ক ধাতু অপেক্ষাকৃত উদ্বায়ী বলিয়া বাষ্পে পরিণত হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে চুল্লীর অভ্যন্তরে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা পুনরায় জারিত হইয়া জিঙ্ক অক্সাইডের সূক্ষ্ম গুঁড়া উৎপন্ন করে ; কিন্তু অন্যান্য অনুদ্বায়ী অশুদ্ধি যথা আয়রণ, ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি চুল্লীতে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে। অতঃপর চুল্লীর পরিত্যক্ত গ্যাসের সহিত জিঙ্কের সূক্ষ্ম গুঁড়া বাহিত হইয়া বায়ু-শীতকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। শীতকে কাপড়ের থলে পরিস্রাবক হিসাবে থাকে ; সেখানে জিঙ্ক অক্সাইডের সূক্ষ্ম গুঁড়া সঞ্চিত হয় ; অন্যান্য গ্যাস বায়ুমণ্ডলে নিষ্ক্রান্ত হইয়া যায়।

$$ZnO+C=Zn+CO\ ;\ 2Zn+O_2=2ZnO$$

(গ) **ব্যবহার**—জিঙ্ক অক্সাইড (১) সাদা রং হিসাবে, (২) দন্ত চিকিৎসায় ও ঔষধে, এবং (৩) নরম রবার, তোলা কাপড়, পোর্সিলেন ও এনামেলে পরিপূরক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ৩২৯। (ক) সাদা ভিট্রিয়ল কাহাকে বলে ? ইহা জিঙ্ক ব্লেণ্ড হইতে কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? ইহার ব্যবহার লিখ। (খ) লিথোপোন কি ? ইহা কি কাজে লাগে ? (গ) জিঙ্ক ক্লোরাইডের ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) 7 অণু কেলাস জল যুক্ত সাদা সোদক জিঙ্ক সালফেট কেলাসকে ($ZnSO_4.7H_2O$) সাদা ভিট্রিয়ল বলে।

প্রস্তুতি—জিঙ্ক ব্লেণ্ড আকরিক 700°C উষ্ণতার নীচে বায়ু-প্রবাহে তাপ-জারিত করিলে জিঙ্ক সালফেটে পরিণত হয় : $ZnS+2O_2=ZnSO_4$. অতঃপর ইহাকে লঘু H_2SO_4 দ্বারা নিষ্কাশিত করিয়া পরিস্রুত করা হয়। এই দ্রবণকে উত্তাপ প্রয়োগে ঘনীভূত করিয়া 30°C উষ্ণতার নীচে কেলাসিত করিলে সোদক স্ফটিক পাওয়া যায়।

(খ) **ব্যবহার**—জিঙ্ক সালফেট (১) বস্ত্র শিল্পে ও রঞ্জন শিল্পে রং স্থাপকরূপে, (২) সাদা রং লিথোপোন ও বার্ণিশ প্রস্তুতিতে, (৩) পশুচর্ম ও কাষ্ঠ সংরক্ষণে, এবং (৪) অগ্নি নিরোধকরূপে ব্যবহৃত হয়। ইহার লঘু জলীয় দ্রবণ চক্ষু ধৌত করিতে ঔষধ হিসাবেও ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

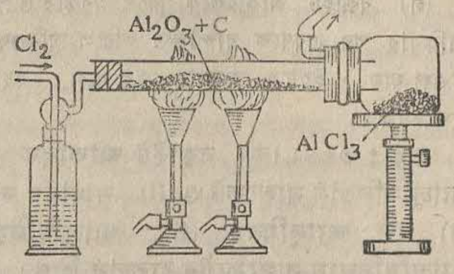
(খ) জিঙ্ক সালফেটের জলীয় দ্রবণে বেরিয়াম সালফাইড দ্রবণ যোগ করিলে ZnS ও $BaSO_4$-এর মিশ্র সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় : $ZnSO_4+BaS=ZnS+BaSO_4$. এই অধঃক্ষেপ ছাঁকিয়া উত্তপ্ত করিলে উহা সাদা সূক্ষ্ম গুঁড়ায় পরিণত হয়। ইহাকে লিথোপোন বলে। ইহা সাদা রং হিসাবে খুব বেশী ব্যবহৃত হয়।

(গ) **ব্যবহার**—জিঙ্ক ক্লোরাইড (১) ক্ষার ও নিরুদক হিসাবে, (২) অনেক জৈব যৌগের সংশ্লেষণে অনুঘটকরূপে, (৩) কাষ্ঠ সংরক্ষণে ; (৪) সক্রিয় অঙ্গার ও ভালকানাইজড্ আঁশ বা তন্তু প্রস্তুতিতে, এবং (৫) ঝালাই কার্য্যে বিগালক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহার দ্রবণ দ্বারা শল্য চিকিৎসার যন্ত্রপাতি জীবাণুমুক্ত করা হয়।

প্রশ্ন ঃ ৩৩০। (ক) অ্যালুমিনা হইতে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের পণ্য পদ্ধতি বিবৃত কর। ইহার ব্যবহার লিখ। (খ) সাধারণ ফট্‌কিরি কি ? কিভাবে ইহার পণ্য উৎপাদন করা হয় ? ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর। (গ) অ্যালাম কেক কি ?

উত্তর ঃ (ক) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ঃ প্রস্তুতি—অ্যালুমিনা (Al_2O_3) ও কার্বন-চূর্ণের মিশ্রণকে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহে 1000°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র $AlCl_3$-এর পণ্য উৎপাদন করা হয় ঃ $Al_2O_3 + 3C + 3Cl_2 = 2AlCl_3 + 3CO$. অনার্দ্র ক্লোরাইড উদ্বায়ী বলিয়া উর্ধ্বপাতিত হইয়া আসে।

একটি শক্ত কাচনলে অ্যালুমিনা ও কোক-চূর্ণের মিশ্রণ লইয়া উহাকে বুনসেন দীপের সাহায্যে প্রায় 1000°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় এবং নলের এক প্রান্ত দিয়া উত্তপ্ত মিশ্রণের উপর ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হয়। ইহাতে বাষ্পাকারে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়া কাচনলের অপর প্রান্তে আটকান শুষ্ক বোতলে ঠাণ্ডা হইয়া কঠিন অবস্থায় সঞ্চিত হয়। অব্যবহৃত ক্লোরিন বোতলের মুখের নির্গম নল বাহিয়া পরে সোডা-লাইম পূর্ণ বাল্‌বের মধ্য দিয়া নিষ্ক্রান্ত হয়।



চিত্র ৬৮

ব্যবহার—অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড (১) জৈব-সংশ্লেষণে ফ্রিডেল-ক্রাফ্‌ট বিক্রিয়ায় অনুঘটকরূপে, (২) ঔষধ, রং প্রভৃতি প্রস্তুতে এবং (৩) পেট্রোলিয়াম পরিষ্করণে ও উহা কাটাইয়া গ্যাসোলিন উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

(খ) পটাসিয়াম সালফেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের যুগ্ম লবণকে সাধারণ (বা পটাস) ফট্‌কিরি বলে। ইহাতে 24 অণু কেলাস জল থাকে। ইহার রাসায়নিক নাম পটাসিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$.

প্রস্তুতি—সাধারণতঃ বক্সাইট ও অ্যালুনাইট আকরিক হইতে সাধারণ ফট্‌কিরির পণ্য উৎপাদন করা হয়। (১) বিচূর্ণ বক্সাইটকে 62% গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত মিশাইয়া লেড আবরণযুক্ত স্টীল ট্যাঙ্কে স্টীম প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে বক্সাইটস্থিত অ্যালুমিনা ও ফেরিক অক্সাইড দ্রবীভূত হইয়া যথাক্রমে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও ফেরিক সালফেটে পরিণত হয় এবং সিলিকা অধঃক্ষিপ্ত হয়। $Al_2O_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$. দ্রবণটিকে পরিস্রুত করিয়া স্বচ্ছ দ্রবণে প্রথমে

বেরিয়াম সালফাইড দ্রবণ যোগ করিয়া ফেরিক সালফেটকে ফেরাস লবণে বিজারিত করা হয় ; পরে দ্রবণে প্রয়োজনমত পটাসিয়াম সালফেট মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণটি গাঢ় করা হয়। শীতল অবস্থায় দ্রবণ হইতে সাধারণ ফট্‌কিরি, $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$ কেলাসিত হয়। ইহাকে পুনঃ কেলাসন পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ করা হয়।

(২) অ্যালুনাইট আকরিক, $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.4Al(OH)_3$ বিচূর্ণ অবস্থায় উত্তাপ প্রয়োগে ভস্মীভূত করিয়া উহাতে সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হয় ; ফলে অ্যালুমিনা দ্রবণীয় অ্যালুমিনিয়াম সালফেটে রূপান্তরিত হয়। বিক্রিয়া-শেষে দ্রবণটি শীতল হইলে উহাকে লঘু করিয়া পরিস্রুত করা হয়। অতঃপর স্বচ্ছ দ্রবণে পরিমাণমত পটাসিয়াম সালফেট দ্রবণ মিশাইয়া কেলাসিত করিলে সাধারণ ফট্‌কিরির কেলাস, $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$ পাওয়া যায়।

ব্যবহার—সাধারণ ফট্‌কিরি (১) রঞ্জনশিল্পে রাগবন্ধকরূপে এবং (২) জলে প্রলম্বিত বালি, মাটি প্রভৃতি থিতাইয়া পরিষ্কার করিতে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ইহা (৩) চামড়া প্রস্তুতিতে, (৪) কাগজশিল্পে পরিপূরকরূপে, (৫) ফোমাইট অগ্নি-নির্বাপক হিসাবে এবং ঔষধরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(গ) বক্সাইট আকরিককে বিচূর্ণ অবস্থায় 62% গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে ফুটাইয়া ছাঁকিবার পর দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম সালফেট কঠিনরূপে পাওয়া যায়। ইহাকে অ্যালাম কেক বলে। ইহাকে কিছু ফেরিক সালফেটে অশুদ্ধি-রূপে থাকে।

প্রশ্ন : ৩৩১। (ক) বক্সাইট আকরিক হইতে কিভাবে (i) বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও (ii) সাধারণ ফট্‌কিরি প্রস্তুত করা হয়? (খ) (i) অ্যালুমিনা, (ii) অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও (iii) অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি :** (i) **বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট**—বক্সাইট চূর্ণের সহিত 62% গাঢ় H_3SO_4 মিশাইয়া স্টীম প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে বক্সাইটস্থিত Al_2O_3 ও Fe_2O_3 সালফেট লবণরূপে দ্রবীভূত হয় এবং সিলিকা অবিকৃত অবস্থায় থাকে। ইহা ছাঁকিয়া পৃথক করিবার পর স্বচ্ছ দ্রবণে সোডিয়াম বা বেরিয়াম সালফাইড দ্রবণ যোগ করিলে ফেরিক সালফেট ফেরাস সালফেটে বিজারিত হয়। অতঃপর দ্রবণকে কেলাসিত করিলে বিশুদ্ধ অ্যালুমিয়াম সালফেট কেলাস, $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ পাওয়া যায়।

(ii) **বক্সাইট হইতে সাধারণ ফট্‌কিরি**—৩৩০ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(খ) **ব্যবহার :** (i) **অ্যালুমিনা**—ইহা (১) অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে ও সাধারণ ফট্‌কিরি প্রস্তুতিতে, (২) কৃত্রিম চুনী, পান্না প্রভৃতি মূলবান রত্ন প্রস্তুতে, (৩) রঞ্জন শিল্পে রাগবন্ধক রূপে, (৪) চুল্লীর তাপসহ আস্তরণ প্রস্তুতিতে, (৫) কোন কোন বিক্রিয়ায় অনুঘটকরূপে এবং (৬) শোষণকারী ফিল্টার ও বিশেষ গুণসম্পন্ন

সিমেন্ট উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতি-জাত অ্যালুমিনা—কোরাণ্ডাম ও এমারী অত্যন্ত শক্ত বলিয়া পালিশ পাথর হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(ii) **অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড**—ইহা (১) পানীয় জল পরিষ্করণে ও বিশুদ্ধকরণে, (২) কাগজ প্রস্তুতিতে পরিপূরকরূপে, এবং (৩) রাগবন্ধক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। 250°C উষ্ণতায় প্রস্তুত আংশিক অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড (অ্যালুমিনা জেল) নিরুদকরূপে এবং বর্ণলেখী-বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(iii) **অ্যালুমিনিয়াম সালফেট**—ইহা (১) রঞ্জন শিল্পে রাগবন্ধকরূপে, (২) জল পরিষ্করণে, (৩) চর্মশিল্পে ও মুদ্রণ শিল্পে, (৪) কাগজ প্রস্তুতিতে পরিপূরকরূপে, এবং (৫) ফট্‌কিরি উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের মিশ্রণ অগ্নি-নির্বাপকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন ঃ ৩৩২। (ক) লিথার্জ, (খ) সীস-শ্বেত, (গ) রুজ, (ঘ) সবুজ ভিট্রিয়ল বা হিরাকস কি? উহাদের প্রস্তুত প্রণালী ও ব্যবহার লিখ।

উত্তর ঃ (ক) **লিথার্জ**—ইহা লালাভ হলুদ স্ফটিকাকার লেড মনোক্সাইড, PbO. গলিত লেডের উপর দিয়া বায়ু প্রবাহিত করিলে ইহা জারিত হইয়া হলুদ লেড মনোক্সাইডের গুঁড়া উৎপন্ন করে। ইহা 170°C উষ্ণতায় গলাইয়া শীতল করিলে লিথার্জে পরিণত হয় ঃ $2Pb+O_2=2PbO$. পরীক্ষাগারে লেড নাইট্রেট উত্তপ্ত করিয়া লিথার্জ প্রস্তুত করা হয়। $2Pb(NO_3)_2=2PbO+4NO_2+O_2$.

ব্যবহার—ইহা (১) ফ্লিন্ট কাচ ও রেড লেড প্রস্তুতিতে, (২) কাচ ও চীনামাটির পাত্রের উপর উজ্জ্বল প্রলেপ দিতে, (৩) লেড নাইট্রেট, অ্যাসিটেট প্রভৃতি বিভিন্ন যৌগ উৎপাদনে, (৪) রং হিসাবে এবং (৫) লেডের সঞ্চয়ক-কোষে ব্যবহৃত হয়।

(খ) **সীস-শ্বেত**—ইহা সাদা ক্ষারকীয় লেড কার্বনেট $2PbCO_3.Pb(OH)_2$. লেড লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে ইহা অধঃক্ষেপরূপে পড়ে। ডাচ পদ্ধতিতে ইহার পণোৎপাদন হয়। বিশেষ ব্যবস্থায় ধাতব লেড বায়ুর উপস্থিতিতে জলীয় বাষ্প, অ্যাসেটিক অ্যাসিড বাষ্প ও CO_2-এর সহিত পর্যায়ক্রমে বিক্রিয়া করিয়া পরিশেষে সীস-শ্বেতে পরিণত হয়।

$$2Pb+O_2+2H_2O=2Pb(OH)_2$$
$$Pb(OH)_2+2CH_3COOH=(CH_3COO)_2Pb+2H_2O$$
$$(CH_3.COO)_2Pb+Pb(OH)_2=(CH_3.COO)_2Pb.Pb(OH)_2$$
$$3[(CH_3.COO)_2Pb.Pb(OH)_2]+4CO_2+2H_2O$$
$$=2[2PbCO_3.Pb(OH)_3]+6CH_3COOH$$

ব্যবহার—তিসির তেলের সহিত সংমিশ্রণে ইহা সাদা রং হিসাবে অত্যধিক ব্যবহৃত হয়। ইহার আবরণ ক্ষমতা খুব বেশী। তৈল-চিত্র অঙ্কণে ইহার ব্যবহার আছে।

(গ) **রুজ**—লালবর্ণের ফেরিক অক্সাইডের (Fe_2O_3) সূক্ষ্ম গুঁড়াকে রুজ বলে। ফেরাস সালফেট কেলাসকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে প্রথমে উহার কেলাসজল দূরীভূত হয়; পরে অধিক উষ্ণতায় অনার্দ্র লবণ বিযোজিত হইয়া সূক্ষ্ম ফেরিক অক্সাইড চূর্ণে পরিণত হয় এবং SO_2 ও SO_3 নির্গত করে; $2FeSO_4=Fe_2O_3+SO_2+SO_3$.

ব্যবহার—রুজ (i) গহনা পালিসের কাজে, (ii) রং হিসাবে এবং (iii) অঙ্গরাজ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) **সবুজ ভিট্রিয়ল বা হীরাকস**—7 অণু কেলাস জল যুক্ত ঈষৎ সবুজ বর্ণের সোদক ফেরাস সালফেট, $FeSO_4.7H_2O$ স্ফটিককে সবুজ ভিট্রিয়ল বা হিরাকস বলে। ধাতব আয়রণকে লঘু H_2SO_4-এ দ্রবীভূত করিবার পর দ্রবণকে উত্তাপ প্রয়োগে গাঢ় করিয়া শীতল করিলে সবুজ ভিট্রিয়ল পাওয়া যায় : $Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$. ইহা H_2S-প্রস্তুতির সময় কিপ্ যন্ত্রের পরিত্যক্ত দ্রবণ হইতে উপজাত হিসাবে পাওয়া যায় : $FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S$.

আয়রণ পাইরাইটিস আকরিক স্তূপাকৃতি করিয়া আর্দ্র বায়ুতে ফেলিয়া রাখিলে উহা ধীরে ধীরে জারিত হইয়া ফেরাস সালফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। জারিত পদার্থকে জল দ্বারা আলোড়িত করিয়া ছাঁকিলে উহারা দ্রবণে চলিয়া আসে। দ্রবণস্থিত H_2SO_4-কে পরে আয়রণ সহযোগে প্রশমিত করিয়া বাষ্পীভূত করিলে সবুজ ভিট্রিয়ল কেলাসিত হয়। $2FeS_2+7O_2+2H_2O=2FeSO_4+2H_2SO_4$; $H_2SO_4+Fe=FeSO_4+H_2$.

ব্যবহার—ফেরাস সালফেট (১) লিখিবার কালি ও রুজ-এর পণ্য উৎপাদনে, (২) রঞ্জন শিল্পে রাগবন্ধক হিসাবে, (৩) কৃষিকার্যে আগাছা নষ্ট করিতে, (৪) ঔষধ প্রস্তুতিতে, (৫) রাসায়নিক বিশ্লেষণে বিজারকরূপে, এবং (৬) ফেরিক সালফেট, মোর লবণ, আয়রণ ফট্‌কিরি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ৩৩৩। (ক) রেড লেড কি ? ধাতব লেড হইতে ইহার পণ্য প্রস্তুতির বিবরণ দাও। ইহা কি কি কাজে লাগে ? (খ) লেড ডাই-অক্সাইড ও ফেরিক ক্লোরাইডের ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) **রেড লেড**—ট্রাই-প্লামবিক টেট্রক্সাইড, Pb_3O_4-এর উজ্জ্বল লাল গুঁড়াকে রেড লেড বলে। ইহাকে মেটে সিন্দুরও বলা হয়। ইহা লেড মনোক্সাইড ও লেড ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ, $2PbO.PbO_2$.

ধাতব লেডকে দুই পর্যায়ে উত্তপ্ত করিয়া রেড লেডের পণ্য উৎপাদন করা হয়। বিশেষ ধরণের পরাবর্ত চুল্লীতে অব্যবহৃত লেড রাখিয়া প্রথমে উত্তাপ প্রয়োগে উহাকে গলান হয়। অতঃপর গলিত লেডের উপর দিয়া বায়ু-প্রবাহ পরিচালিত করিলে উহা লেড মনোক্সাইড তথা ম্যাসিকটে জারিত হয়; উৎপন্ন ম্যাসিকট গলিত লেডের উপর ভাসিয়া থাকে। $2Pb+O_2=2PbO$. ইহাকে সচ্ছিদ্র হাতার সাহায্যে নিরবিচ্ছিন্নভাবে ছাঁকিয়া তোলা হয়। এইবার বিচূর্ণ ম্যাসিকটকে অপরিবর্তিত লেড হইতে পৃথক করিয়া উহাকে দুই মুখ খোলা একটি পরাবর্ত চুল্লীতে রাখিয়া অতিরিক্ত বায়ুতে 400°C উষ্ণতায় 48 ঘণ্টা ধরিয়া উত্তপ্ত করিলে লেড মনোক্সাইড পুনরায় অক্সিজেন সংযোগে রেড লেডে পরিবর্তিত হয়। $6PbO+O_2=2Pb_3O_4$. ইহাকে পরে ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হয়। ইহাতে সামান্য লেড মনোক্সাইড সর্বদাই মিশ্রিত

থাকে। ইহাকে 10% KOH দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া অপসারিত করিলে 99·7% বিশুদ্ধ রেড লেড পাওয়া যায়।

ব্যবহার—রেড লেড (১) ফ্লিন্ট কাচ প্রস্তুতিতে, (২) দিয়াশলাই শিল্পে, (৩) লৌহদ্রব্যের ক্ষয় রোধে রং হিসাবে, এবং (৪) পরীক্ষাগারে জারক দ্রব্যরূপে ব্যবহৃত হয়।

(খ) লেড ডাই-অক্সাইড (১) দিয়াশলাই প্রস্তুতে, (২) পরীক্ষাগারে জারক দ্রব্যরূপে এবং (৩) সঞ্চয়ক-কোষে ব্যবহৃত হয়।

ফেরিক ক্লোরাইড (১) রক্তপাত রোধে ঔষধ রূপে, (২) পরীক্ষাগারে বিকারক রূপে এবং (৩) জৈব রঞ্জক শিল্পে জারক দ্রব্য হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ৩৩৪। (ক) মরিচা কাহাকে বলে? (খ) প্রমাণ কর যে মরিচা গঠনে অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প দুই-ই প্রয়োজন হয়। (গ) মরিচা গঠনের তত্ত্ব ব্যাখ্যা কর। (ঘ) কিভাবে মরিচা পড়া নিবারণ করা যায়?

উত্তর : (ক) সাধারণ লৌহদ্রব্য আর্দ্র বায়ুতে রাখিলে উহার উপরিভাগে ধীরে ধীরে বাদামী বর্ণের আল্‌গা গুঁড়ার আস্তরণ পড়ে; সামান্য ঘষিলেই এই গুঁড়া খসিয়া পড়ে। ইহাকে লোহার মরিচা বলে। একবার মরিচা ধরা আরম্ভ হইলে ইহা দ্রুত সংঘটিত হইতে থাকে। দেখা যায়, ইহা সোদক ফেরিক অক্সাইড এবং ইহার মোটামুটি সংকেত $Fe_2O_3.xH_2O$. ইহাতে সামান্য ফেরাস কার্বনেট ও হাইড্রক্সাইড থাকে। এই মরিচার জন্যই লৌহদ্রব্য শীঘ্র ক্ষয়প্রাপ্ত হইয়া নষ্ট হয়। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ লৌহে মরিচা পড়ে না।

(খ) লোহার মরিচা পড়ার জন্য জল ও অক্সিজেন উভয়েই প্রয়োজন হয়। নিম্নলিখিত সহজ পরীক্ষাগুলি হইতে ইহা প্রমাণ করা যায়। যথা—

(i) একটি পরীক্ষানলে কয়েক ফোঁটা জল লইয়া উহাতে কয়েকটি লোহার পেরেক রাখা হইল। কয়েকদিনের মধ্যেই উহাতে মরিচা পড়ে; এক্ষেত্রে অক্সিজেন ও জল উভয়ই বর্তমান আছে।

(ii) একটি পোর্সিলেন খর্পরে কিছু লোহার পেরেক লইয়া উহাকে গাঢ় H_2SO_4 যুক্ত শোষকাধারে কয়েকদিন রাখা হইল। এ ক্ষেত্রে লোহায় মরিচা পড়ে না, কারণ গাঢ় H_2SO_4 শোষকাধারের অভ্যন্তরস্থ জলীয় বাষ্প শোষণ করায় পেরেকগুলি শুধুমাত্র শুষ্ক বায়ুর সংস্পর্শে ছিল।

(iii) একটি পরীক্ষানলে জল লইয়া উহা উত্তমরূপে ফুটাইয়া জলে দ্রবীভূত অক্সিজেন বাহির করা হইল। এইবার জলের মধ্যে কয়েকটি পরিষ্কার লোহার পেরেক ফেলিয়া উহার মুখ কর্ক দ্বারা বায়ুরোধীভাবে বন্ধ করা হইল। এক্ষেত্রে অক্সিজেনের অভাবে লোহায় মরিচা পড়ে না।

অতএব প্রমাণিত হয় যে লৌহদ্রব্যে মরিচা পড়ার জন্য অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প উভয়েরই প্রয়োজন।

(গ) **মরিচা তত্ত্ব**—আধুনিক মতবাদ অনুসারে, অবিশুদ্ধ লৌহ আর্দ্র বায়ুতে তড়িৎ-

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মরিচা উৎপন্ন করে। লোহা ও উহার অশুদ্ধি এক একটি ক্ষুদ্র তড়িৎ-কোষ সৃষ্টি করে; ইহাতে লৌহ কণিকাগুলি অ্যাথোড, অশুদ্ধি বিশেষতঃ কার্বন কণিকা ক্যাথোড এবং অক্সিজেন দ্রবীভূত জল তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে কাজ করে। অ্যানোডে আয়রণ ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া ফেরাস আয়ন (Fe^{++}) রূপে দ্রবীভূত হয় ($Fe-2e=Fe^{++}$)। জলের বিয়োজনে উৎপন্ন H^+ আয়ন ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে ($H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$; $2H^+ + 2e = H_2$) এবং OH^- আয়ন Fe^{++} আয়নের সহিত সংযুক্তিতে ফেরাস হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে; পরে ইহা বায়ুস্থিত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া সোদক ফেরিক অক্সাইড বা মরিচাতে পরিণত হয়। $Fe^{++} + 2OH^- = Fe(OH)_2$; $4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 2(Fe_2O_3.3H_2O)$.

CO_2 মরিচা গঠনে সহায়তা করে, কারণ ইহার সহিত জলের বিক্রিয়ায় গঠিত কার্বনিক অ্যাসিডের বিয়োজনে H^+ আয়ন উৎপন্ন হয়। ক্ষারীয় পদার্থ মরিচা পড়িতে বাধা দেয় কারণ ইহা CO_2 শোষণ করে।

(ঘ) **মরিচা নিবারণ**—লৌহজাত পদার্থের উপর (১) আলকাতরা, রং, বার্নিশ ইত্যাদির প্রলেপ লাগাইয়া, (২) জিঙ্ক বা টিনের প্রলেপন দ্বারা, (৩) তড়িৎ প্রবাহের সাহায্যে নিকেল, ক্রোমিয়াম প্রভৃতি ধাতুর আস্তরণ ফেলিয়া মরিচা পড়া বন্ধ করা যায়। লোহিত-তপ্ত অবস্থায় লৌহজাত দ্রব্যের উপর দিয়া স্টীম পরিচালনা করিলে আয়রণের উপর রক্ষাকারী Fe_3O_4-এর আস্তরণ পড়ে; ফলে মরিচা পড়া বন্ধ হয়।

প্রশ্ন : ৩৩৫। টীকা লিখ :—(ক) থার্মিট পদ্ধতি, (খ) লেড বৃক্ষ, (গ) লেডের দ্রাবকত্তা (সল্‌ভেন্সি), (ঘ) আয়রণের নিষ্ক্রিয়তা, (ঙ) লোহার মরিচা।

উত্তর : (ক) **থার্মিট পদ্ধতি**—অধিক উষ্ণতায় অক্সিজেনের প্রতি অ্যালুমিনিয়ামের আসক্তি খুবই বেশী। এই আসক্তির জন্য তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে উহার নিম্নে অবস্থিত ধাতুর অক্সাইডকে (যথা Fe_2O_3, Cr_2O_3 প্রভৃতি) অ্যালমিনিয়াম বিজারিত করিয়া উহাদিগকে ধাতুতে পরিণত করে এবং নিজে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে জারিত হয়। বিক্রিয়াকালে প্রভূত তাপ সৃষ্টির ফলে উৎপন্ন ধাতু বিগলিত অবস্থায় থাকে। এই পদ্ধতিতে আয়রণ, ক্রোমিয়াম প্রভৃতি ধাতু, বিশুদ্ধ বোরন ও সিলিকন অধাতু নিষ্কাশন করা হয় এবং লোহার রেল লাইন, ট্রাম লাইন, বড় বড় যন্ত্রপাতি ও জাহাজের ভগ্ন অংশ যথাস্থানে রাখিয়া জোড়া দেওয়া যায়।

অগ্নিসহ মৃত্তিকা-নির্মিত খর্পরে তিন ভাগ ফেরিক অক্সাইড ও এক ভাগ অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের মিশ্রণ (থার্মিট মিশ্রণ) লওয়া হয়। ইহার উপরিভাগে অল্প পটাসিয়াম ক্লোরেট, বেরিয়াম পার-অক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণ রাখিয়া ইহাতে একটি ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা ডুবাইয়া রাখা হয়। খর্পরের তলদেশে একটি নলাকৃতি বন্ধ করা ছিদ্রপথ থাকে। জোড়া দেওয়ার সময় ছিদ্রটি ভগ্ন রেল বা যন্ত্রাংশের একটু উপরে রাখা হয়। ম্যাগনেসিয়াম ফিতায় আগুন ধরাইলে সঙ্গে সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া আরম্ভ হইয়া

প্রচুর তাপ সৃষ্টি করে। উদ্ভূত তাপে (2500°C) আয়রণ অক্সাইডের বিজারণের ফলে উৎপন্ন ধাতব আয়রণ গলিত অবস্থায় খর্পরের তলদেশে জমা হয় এবং ইহার উপরে গলিত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের স্তর থাকে। বিক্রিয়া-শেষে ছিদ্রটি খুলিয়া দিলে রেলের বা যন্ত্রাংশের ভগ্নস্থানে গলিত আয়রণ পড়ে এবং শীতল হইয়া জোড়া লাগায়। $Fe_2O_3+2Al=2Fe+Al_2O_3$.

(খ) **লেড বৃক্ষ**—লেড অ্যাসিটেট, নাইট্রেট প্রভৃতি লেড লবণের জলীয় দ্রবণে একটি জিঙ্ক দণ্ড ডুবাইলে দ্রবণ হইতে লেড সূচের মত উজ্জ্বল কেলাস আকারে পৃথক হয়। $(CH_3COO)_2Pb+Zn=Pb+(CH_3.COO)_2Zn$. প্রতিস্থাপিত লেড শাখা-প্রশাখা বিস্তার করিয়া একটি গাছের আকারে জিঙ্কের উপর জমা হয়। এই ধরণের লেডের কেলাসকে লেড-বৃক্ষ বলে। তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে লেডের উপরে জিঙ্ক অবস্থান করে বলিয়া ইহা অধিকতর ধনাত্মক তড়িৎ-ধর্মী; সেইজন্য জিঙ্ক লেড লবণের দ্রবণ হইতে লেডকে প্রতিস্থাপিত করে।

(গ) **লেডের দ্রাবকতা** (বা **সল্ভেন্সি**)—বায়ু-মুক্ত ও বিশুদ্ধ জলের সহিত লেডের কোন বিক্রিয়া হয় না। জলে অন্যান্য লবণ দ্রবীভূত থাকিলে লেড আক্রান্ত হয়। লেডের যৌগগুলি দ্রবীভূত অবস্থায় শরীরের পক্ষে অত্যন্ত ক্ষতিকর বিষ। সেই কারণে পানীয় জল লেডমুক্ত হওয়া আবশ্যক এবং ইহা সরবরাহের সময় বিশেষ সাবধানতা অবলম্বন করিতে হয়। বায়ু (বা অক্সিজেন) মিশ্রিত জল লেডের সহিত বিক্রিয়ায় লেড হাইড্রক্সাইড, $Pb(OH)_2$ গঠন করে: $2Pb+H_2O+O_2=2Pb(OH)_2$. ইহা জলে সামান্য দ্রাব্য। এইভাবে লেড জলে দ্রবীভূত হওয়ায় ইহা পান করিলে শরীরে বিষক্রিয়া সৃষ্টি করে।

(ঘ) **আয়রণের নিষ্ক্রিয়তা**—বিশুদ্ধ অতি গাঢ় (ঘনত্ব 1·25 অপেক্ষা বেশী) বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডে লৌহ রাখিলে উহা অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না বা কোনরূপ ক্রিয়া করে না। ইহাকে নিষ্ক্রিয় লৌহ বলে এবং এই অবস্থাকে আয়রণের নিষ্ক্রিয় অবস্থা বলা হয়। নিষ্ক্রিয় অবস্থায় আয়রণের সাধারণ ধর্মগুলি লোপ পায় অর্থাৎ ইহা লঘু অ্যাসিড দ্রবীভূত হইয়া H_2 নির্গত করে না বা $CuSO_4$ দ্রবণ হইতে কপারের অধঃক্ষেপ ফেলে না। নাইট্রিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ক্রোমিক অ্যাসিড বা H_2O_2 দ্বারাও লৌহ নিষ্ক্রিয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়। এই সকল অক্সিজেন-সমৃদ্ধ পদার্থগুলি জারণ ক্রিয়া দ্বারা লৌহের উপরিভাগে উহার অক্সাইডের অতি পাতলা আবরণ সৃষ্টি করে বলিয়া ধাতব আয়রণ আর বিকারকের সংস্পর্শে আসিতে না পারায় বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়; অর্থাৎ উপরের অক্সাইড আবরণই আয়রণকে নিষ্ক্রিয় করে।

নিষ্ক্রিয় আয়রণের উপরিভাগ উত্তমরূপে ঘষিয়া ফেলিলে, উহাকে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে বা একখণ্ড জিঙ্ক সহ লঘু অ্যাসিডে কিছুক্ষণ ডুবাইয়া রাখিলে আয়রণের নিষ্ক্রিয়তা লোপ পায় এবং উহা পুনরায় সাধারণ আয়রণে পরিণত হয়।

(ঙ) **লোহার মরিচা**—৩৩৪ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ৩৩৬। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির রাসায়নিক নাম সংকেতসহ লিখ। উহাদের প্রস্তুত প্রণালী ও ব্যবহার উল্লেখ কর :—

(i) **ধৌতি সোডা,** (ii) **গ্লবার লবণ,** (iii) **ম্যাগনেসিয়া,** (iv) **এপসাম লবণ,** (v) **কলিচুন,** (vi) **প্যারিস প্লাস্টার,** (vii) **তুঁতে বা নীল ভিট্রিয়ল,** (viii) **জিঙ্ক হোয়াইট,** (ix) **সাদা ভিট্রিয়ল,** (x) **সাধারণ ফট্‌কিরি,** (xi) **লিথার্জ,** (xii) **রেড লেড,** (xiii) **সীস-শ্বেত,** (xiv) **রুজ,** (xv) **সবুজ ভিট্রিয়ল বা হিরাকস।**

উত্তর : (i) **ধৌতি সোডা**—10 অণু কেলাস জলযুক্ত সোদক সোডিয়াম কার্বনেট কেলাসকে ($Na_2CO_3.10H_2O$) ধৌতি-সোডা বলে। **প্রস্তুতি**—সল্‌ভে পদ্ধতিতে সোডা-ভস্ম (Na_2CO_3) প্রস্তুত করিয়া উহাকে জলে দ্রবীভূত করিয়া কেলাসিত করিলে ধৌতি-সোডা পাওয়া যায়। সোডা-ভস্ম প্রস্তুতির জন্য ৩১৬(ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।] **ব্যবহার**—৩১৭(খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) **গ্লবার লবণ**—৩১২ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(iii) **ম্যাগনেসিয়া**—ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের সাদা অনিয়তাকার চূর্ণকে (MgO) ম্যাগনেসিয়া বলে। **প্রস্তুতি**—ম্যাগনেসাইট আকরিককে উত্তাপের সাহায্যে বিয়োজিত করিয়া ইহা প্রস্তুত করা হয় : $MgCO_3 = MgO + CO_2$. **ব্যবহার**—ইহা (১) অগ্নিসহ ইষ্টক ও মুচি নির্মাণে, (২) চুল্লীর অভ্যন্তরে আস্তরণ হিসাবে, (৩) ডিনামাইট প্রস্তুতিতে শোষকরূপে, (৪) ঔষধ হিসাবে এবং (৫) সোরেল সিমেন্ট প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(iv) **এপসাম লবণ**—৩২৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। **প্রস্তুতি**—ম্যাগনেসাইট আকরিক ($MgCO_3$)-কে লঘু H_2SO_4 যোগে ফুটাইলে দ্রবণে ম্যাগনেসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় : $MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O + CO_2$. দ্রবণকে ছাঁকিয়া কেলাসিত করিলে এপসাম লবণের স্ফটিক পাওয়া যায়। **ব্যবহার**—৩২৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ দেখ।

(v) **কলিচুন**—বিচূর্ণ সাদা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডকে, $Ca(OH)_2$ কলিচুন বলে। **প্রস্তুতি**—পোড়া-চুনে পরিমাণমত জল মিশাইলে হিস্ হিস্ শব্দে প্রচণ্ড বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং প্রচুর তাপ সৃষ্টি করিয়া সাদা কলিচুনে পরিণত হয় : $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$. **ব্যবহার**—কলিচুন (১) ইট বা পাথরের গাঁথুনির মশল্লা তৈরী ও চুন-কামের জন্য, (২) সিমেন্ট, কাচ, কষ্টিক সোডা, বিরঞ্জক-চূর্ণ, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি উৎপাদনে, (৩) জলের খরতা দূরীকরণে ও কোল-গ্যাস পরিশোধনে এবং (৫) চর্মশিল্পে, কীটনাশকরূপে ও সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(vi) **প্যারিস-প্লাস্টার**—৩২৫ (ক) ও (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(vii) **তুঁতে বা নীল ভিট্রিয়ল**—5 অণু কেলাস জল যুক্ত নীলবর্ণের সোদক কপার সালফেটের কেলাসকে ($CuSO_4.5H_2O$) তুঁতে বা নীল ভিট্রিয়ল বলে। **প্রস্তুতি ও ব্যবহার**—৩২৭ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (iii) অংশ দেখ।

(viii) **জিঙ্ক হোয়াইট**—৩২৮ (ক) ও (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ix) **সাদা ভিট্রিয়ল**—৩২৯(ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(x) **সাধারণ ফট্‌কিরি**—৩৩০ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(xi) **লিথার্জ**—৩৩২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(xii) **রেড লেড**—৩৩৩ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(xiii) **সীস-শ্বেত**—৩৩২ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(xiv) **রুজ**—৩৩২ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(xv) **সবুজ ভিট্রিয়ল** বা **হিরাকস**—৩৩২ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ৩৩৭। নিম্নলিখিত পদার্থগুলিকে ক্রমশঃ উত্তপ্ত করিলে কি পরিবর্তন ঘটে এবং কি পদার্থ পাওয়া যায় তাহা সমীকরণসহ লিখ :—

(i) সোডিয়াম নাইট্রেট, (ii) ধৌতি সোডা, (iii) সোডিয়াম বাই-কার্বনেট, (iv) সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড, (v) এপসাম লবণ, (vi) সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, (vii) জিপসাম, (viii) নীল ভিট্রিয়ল, (ix) সোদক জিঙ্ক ক্লোরাইড, (x) সাদা ভিট্রিয়ল, (xi) সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, (xii) সোদক অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, (xiii) সাধারণ ফট্‌কিরি, (xiv) লেড নাইট্রেট, (xv) রেড লেড, (xvi) লেড ডাই-অক্সাইড, (xvii) সবুজ ভিট্রিয়ল, (xviii) ফেরিক ক্লোরাইড।

উত্তর : (i) সোডিয়াম নাইট্রেট—২১০(খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) **ধৌতি সোডা**—ধৌতি-সোডা ($Na_2CO_3.10H_2O$) বায়ুতে রাখিয়া দিলে ইহার 9-টি কেলাস জলের অণু অপসারিত হইয়া সাদা গুঁড়ায় ($Na_2CO_3.H_2O$) পরিণত হয়। উত্তাপ প্রয়োগে 100°C উষ্ণতায় কেলাস জল সম্পূর্ণ দূরীভূত হইয়া ইহা অনার্দ্র কার্বনেট বা সোডা-ভস্ম (Na_2CO_3) উৎপন্ন করে। ইহা পরে 852°C উষ্ণতায় গলিয়া যায় কিন্তু বিযোজিত হয় না।

(iii) **সোডিয়াম বাই-কার্বনেট**—100°C উষ্ণতায় ইহা বিযোজিত হইয়া বিশুদ্ধ অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট গঠন করে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প নির্গত করে : $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$. অধিক উত্তাপে 852°C উষ্ণতায় ইহা গলে।

(iv) **সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড**—উত্তাপ প্রয়োগে ইহা ($MgCl_2.6H_2O$) প্রথমে গলে এবং 200°C উষ্ণতায় আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া জলীয় বাষ্প ও HCl গ্যাস নির্গত করে এবং ম্যাগনেসিয়াম অক্সি-ক্লোরাইড গঠন করে ; ইহা পরিশেষে 600°C উষ্ণতায় MgO এবং HCl গ্যাসে বিযোজিত হয় : $MgCl_2.6H_2O \rightleftharpoons Mg(OH)Cl + HCl + 5H_2O$; $Mg(OH)Cl = MgO + HCl$.

(v) **এপসাম লবণ**—ইহাকে ($MgSO_4.7H_2O$) উত্তপ্ত করিলে 150°C উষ্ণতায় ইহা হইতে 6-টি কেলাস জল-অণু অপসারিত হয় এবং 200°C উষ্ণতায় শেষ কেলাস জলের অণু উবিয়া অনার্দ্র লবণে পরিণত হয়।

(vi) **সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড**—উত্তপ্ত করিলে ইহার কেলাস ($CaCl_2.6H_2O$) হইতে ক্রমশঃ কেলাস জলের অণু অপসারিত হইয়া 200°C উষ্ণতায় অনার্দ্র অনিয়তাকার সচ্ছিদ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং পরিশেষে 782°C উষ্ণতায় গলিয়া যায়।

(vii) **জিপসাম**—জিপসাম ($CaSO_4.2HO$)-কে ক্রমশঃ উত্তপ্ত করিলে 120°C উষ্ণতায় ইহার কেলাস জল-অণু আংশিকভাবে অপসারিত হইয়া প্যারিস-প্লাস্টার $(CaSO_4)_2.H_2O$ চূর্ণে পরিণত হয় এবং 200°C উষ্ণতায় ইহা অনার্দ্র সালফেটে রূপান্তরিত হয়; 400°C উষ্ণতার ঊর্ধ্বে ইহার ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও SO_3-এ সামান্য বিশ্লিষ্ট হয়। $2(CaSO_4.2H_2O) \rightarrow (CaSO_4)_2.H_2O \rightarrow 2CaSO_4 + H_2O$; $CaSO_4 \rightarrow CaO + SO_3$.

(viii) **নীল ভিট্রিয়ল**—৮৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ix) **সোদক জিঙ্ক ক্লোরাইড**—ইহার কেলাস ($ZnCl_2.H_2O$) উত্তপ্ত করিলে আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং পরিশেষে HCl গ্যাস নিষ্ক্রান্ত হইয়া জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয়: $ZnCl_2.H_2O \rightleftharpoons Zn(OH)Cl + HCl$; $Zn(OH)Cl = ZnO + HCl$.

(x) **সাদা ভিট্রিয়ল**—সাদা ভিট্রিয়ল ($ZnSO_4.7H_2O$)-কে ক্রমশঃ উত্তপ্ত করিলে ইহার কেলাস জল অণু ক্রমে ক্রমে অপসারিত হয়। 70°C উষ্ণতায় ইহা এক অণু কেলাস জল ত্যাগ করিয়া $ZnSO_4.6H_2O$ গঠন করে এবং 280°C উষ্ণতায় সম্পূর্ণ অনার্দ্র লবণে পরিণত হয়। 800°C উষ্ণতায় ইহা বিযোজিত হইয়া SO_2 ও অক্সিজেন নির্গত করে এবং জিঙ্ক অক্সাইড অবশেষরূপে পাওয়া যায়। $2ZnSO_4 = 2ZnO + 2SO_2 + O_2$.

(xi) **সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড**—সোদক কেলাস ($AlCl_3.6H_2O$)-কে উত্তপ্ত করিলে আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং বিযোজিত হইয়া HCl গ্যাস ও জলীয় বাষ্প নির্গত করে; অবশেষরূপে অ্যালুমিনা পড়িয়া থাকে। $2(AlCl_3.6H_2O) = Al_2O_3 + 6HCl + 9H_2O$

(xii) **সোদক অ্যালুমিনিয়াম সালফেট**—অল্প উত্তাপে সোদক কেলাস, $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ অনার্দ্র লবণে পরিণত হয় এবং লোহিত-তাপে (800°C) ইহা বিশ্লিষ্ট হইয়া অ্যালুমিনা, SO_2 ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে: $2Al_2(SO_4)_3 = 2Al_2O_3 + 6SO_2 + O_2$.

(xiii) **সাধারণ ফট্‌কিরি**—200°C উষ্ণতায় সাধারণ ফটকিরি $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$ হইতে কেলাস জল সম্পূর্ণরূপে অপসারিত হয়; ফলে অনার্দ্র সালফেট অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে। ইহাকে পোড়া ফট্‌কিরি বলে।

(xiv) **লেড নাইট্রেট**—২১০ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(xv) **রেড লেড**—470°C উষ্ণতার ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে ইহা (Pb_3O_4) বিযোজিত হইয়া লালাভ হলুদ বর্ণের কেলাস লিথার্জ উৎপন্ন করে এবং অক্সিজেন নির্গত হয়। $2Pb_3O_4 = 6PbO + O_2$.

(xvi) **লেড ডাই-অক্সাইড**—ইহা (PbO_2) 300°C উষ্ণতা পর্যন্ত স্থায়ী, কিন্তু অধিক উষ্ণতায় (440°C) ইহা রেড লেড ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হয়: $3PbO_2 = Pb_3O_4 + O_2$.

(xv) **সবুজ ভিট্রিয়ল**—ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে সবুজ ভিট্রিয়ল ($FeSO_4.7H_2O$) প্রথমে অনার্দ্র সাদা অনিয়তাকার গুঁড়ায় পরিণত হয় এবং পরে লোহিত-তপ্ত উষ্ণতায় বিযোজিত হইয়া লাল বর্ণের সূক্ষ্ম ফেরিক অক্সাইড চূর্ণ বা রুজ উৎপন্ন করে এবং SO_2 ও SO_3 নির্গত হয়: $2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$.

(xvi) **ফেরিক ক্লোরাইড**—উত্তপ্ত করিলে সোদক ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3.6H_2O$) আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং HCl গ্যাস ও জলীয় বাষ্প নির্গত করে: $2FeCl_3.6H_2O = Fe_2O_3 + 6HCl + 3H_2O$. অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিলে 300°C উষ্ণতার নীচে ইহা ঊর্ধ্বপাতিত হয় কিন্তু 500°C উষ্ণতায় বিযোজিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইড ও ক্লোরিন উৎপন্ন করে: $2FeCl_3 = 2FeCl_2 + Cl_2$.

প্রশ্ন: ৩৩৮। নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? উহাদের ব্যবহার লিখ:

(i) সোডিয়াম পার-অক্সাইড, (ii) সোডিয়াম বাই-কার্বনেট, (iii) পটাসিয়াম কার্বনেট, (iv) পটাসিয়াম নাইট্রেট, (v) ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড, (vi) ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট, (vii) খড়িমাটি, (viii) কিউপ্রাস ক্লোরাইড, (ix) জিঙ্ক অক্সাইড, (x) অ্যালুমিনা, (xi) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, (xii) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, (xiii) লেড ডাই-অক্সাইড, (xiv) ফেরিক ক্লোরাইড, (xv) হিরাকস।

উত্তর: (i) **সোডিয়াস পার-অক্সাইড, Na_2O_2**—৩১২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) **সোডিয়াম বাই-কার্বনেট, $NaHCO_3$**—৩১৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(iii) **পটাসিয়াম কার্বনেট, $K_2CO_3.2H_2O$**—৩১২ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(iv) **পটাসিয়াম নাইট্রেট, KNO_3**—প্রকৃতি-জাত সোরা বা সল্টপিটারকে জলে দ্রবীভূত করিয়া পরিস্রুত দ্রবণকে ঘনীভূত করিলে পটাসিয়াম নাইট্রেটের কেলাস পাওয়া যায়। অধুনা চিলি সল্টপিটার ($NaNO_3$) হইতে ইহা প্রস্তুত করা হয়। KCl-এর উষ্ণ গাঢ় দ্রবণে চিলি সল্টপিটার যোগ করিয়া উহাকে গাঢ় করিলে NaCl কেলাসিত হয়; ইহা পৃথক করিয়া অবশিষ্ট দ্রবণকে শীতল করিলে KNO_3 কেলাস পাওয়া যায়: $KCl + NaNO_3 = KNO_3 + NaCl$.

ব্যবহার—পটাসিয়াম নাইট্রেট (১) সার হিসাবে. (২) কাচ শিল্পে, (৩) বাজী ও বারুদ প্রস্তুতিতে, (৪) মাংস সংরক্ষণে, এবং (৫) ঔষধে ব্যবহৃত হয়।

(v) **ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড, $MgCl_2.6H_2O$**—ম্যাগনেসাইট ($MgCO_3$) আকরিক লঘু HCl-এ দ্রবীভূত করিলে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ উৎপন্ন হয়

$MgCO_3+2HCl=MgCl_2+H_2O+CO_2$. এই দ্রবণকে ছাঁকিবার পর উত্তাপ প্রয়োগে ঘনীভূত করিলে সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস পাওয়া যায়।

ব্যবহার—ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড (১) সোরেল সিমেন্ট প্রস্তুতে, (২) কৃত্রিম গ্রহ-পাথর প্রস্তুতিতে, এবং (৩) বিশেষ প্রয়োজনে ব্যবহৃত সূতা মসৃণ করিতে প্রয়োজন হয়। সোরেল সিমেন্ট কাচ, পর্সিলেন প্রভৃতি জোড়া দিতে এবং দন্ত চিকিৎসায় গর্ত ভরাট-কার্যে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(vi) **ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট, $MgCO_3$**—৩২৬ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(vii) **খড়িমাটি, $CaCO_3$**—মার্বেল বা চূনাপাথর লঘু HCl-এ দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণে অ্যামোনিয়া যোগ করিলে আয়রণ ও আলুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে ছাঁকিয়া দ্রবণে $(NH_4)_2CO_3$ যোগ করিলে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহাকে পৃথক করিয়া ধৌত ও শুষ্ক করিলে খড়িমাটি পাওয়া যায়।

ব্যবহার—খড়িমাটি রং হিসাবে, দাঁতের মাজন ও প্রসাধনের পাউডার প্রস্তুতে এবং ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

(viii) **কিউপ্রাস ক্লোরাইড, Cu_2Cl_2**—৩২৭ (ক) নং প্রশ্নোত্তের (ii) অংশ দেখ।

(ix) **জিঙ্ক অক্সাইড, ZnO**—৩২৮ (ক) ও (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(x) **অ্যালুমিনা, Al_2O_3**—২৯৭ (ক) নং এবং ৩৩১ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।

(xi) **অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, $AlCl_3$**—৩৩০ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(xii) **অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$**—৩৩১ (ক) ও (খ) নং প্রশ্নোত্তরের যথাক্রমে (i) ও (iii) অংশ দেখ।

(xiii) **লেড ডাই-অক্সাইড, PbO_2**—রেড লেডের সহিত লঘু HNO_3 মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে কালো বর্ণের লেড ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়; ইহাকে ছাঁকিয়া জল দ্বারা ধৌত করিয়া পরে 100°C উষ্ণতায় শুষ্ক করা হয়।

ব্যবহার—৩৩৩ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(xiv) **ফেরিক ক্লোরাইড, $FeCl_3.6H_2O$**—ফেরিক অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডকে লঘু HCl-এ দ্রবীভূত করিলে ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ পাওয়া যায়। আবার আয়রণের সহিত লঘু HCl-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ফেরাস কোরাইড দ্রবণকে Cl_2 প্রবাহে জারিত করিলে ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ প্রস্তুত হয়। এই দ্রবণকে জল-গাহে বাষ্পীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সোদক স্ফটিক, $FeCl_3.6H_2O$ কেলাসিত হয়: $Fe(OH)_3+3HCl=FeCl_3+3H_2O$; $2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$.

ব্যবহার—৩৩৩ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

হিরাকস, $FeSO_4.7H_2O$—৩৩২ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন ঃ ৩৩৯। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত জল কি অবস্থায় এবং কিরূপ বিক্রিয়া করে লিখ :—(ক) সোডিয়াম পার-অক্সাইড, (খ) সোডিয়াম কার্বনেট, (গ) পোড়াচুন, (ঘ) প্যারিস-প্লাস্টার, (ঙ) অনার্দ্র কপার সালফেট, (চ) লেড, (ছ) সিমেন্ট।

উত্তর ঃ (ক) সোডিয়াম পার-অক্সাইড শীতল জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কষ্টিক সোডা ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে, কিন্তু উষ্ণ জলের সহিত বিক্রিয়ায় অক্সিজেন নির্গত হয়। $Na_2O_2+2H_2O=2NaOH+H_2O_2$; $2Na_2O_2+2H_2O=4NaOH+O_2$.

(খ) সোডিয়াম কার্বনেট জলে অত্যধিক দ্রবণীয় এবং ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া দ্রবণে কষ্টিক সোডা ও কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে : $Na_2CO_3+2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH+H_2CO_3$. কষ্টিক সোডা তীব্র ক্ষার বলিয়া দ্রবণ ক্ষার-ধর্মী হয়।

(গ) ৩৩৬ (v) নং প্রশ্নোত্তরের কলিচুন প্রস্তুতি দেখ।

(ঘ) প্যারিস-প্লাস্টার গুঁড়া পরিমাণমত জলের সহিত মিশাইয়া লেই প্রস্তুত করিয়া রাখিয়া দিলে উহা অতি অল্প সময়ের মধ্যেই জমিয়া শক্ত হয়; ইহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় জিপসামে পরিণত হয়। জমাট বাঁধিবার সময় ইহার আয়তন সামান্য বাড়ে। $(CaSO_4)_2.H_2O+3H_2O=2(CaSO_4.2H_2O)$.

(ঙ) অনার্দ্র সাদা কপার সালফেটের গুঁড়া সামান্য জলের সংস্পর্শে পুনরায় সোদক কপার সালফেটে ($CuSO_4.5H_2O$) পরিণত হইয়া নীলবর্ণ হয়।

(চ) ৩৩৫ (গ) নং প্রশ্নোত্তর (লেডের দ্রাবকতা) দেখ।

(ছ) জলের সহিত সিমেন্ট চূর্ণ মিশাইয়া লেই প্রস্তুত করিয়া ব্যবহার করিলে অল্প সময়ের মধ্যে ইহা অত্যন্ত শক্তভাবে জমাট বাঁধে। ইহাকে সিমেন্টের সেটিং বলে। এই বিশেষ গুণের জন্য সিমেন্ট গাঁথুনীর কাজে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন ঃ ৩৪০। যুক্তি দেখাইয়া ব্যাখ্যা কর :—(ক) Na_2O_2 পার-অক্সাইড কিন্তু PbO_2 পার-অক্সাইড নয়। (খ) প্রশম লবণ সোডিয়াম কার্বনেট বা ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণ প্রশম নয়। (গ) গলিত NaCl-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণে সোডিয়াম ধাতু উৎপন্ন হয় কিন্তু অনুরূপ ক্রিয়ায় NaCl-এর জলীয় দ্রবণ হইতে সোডিয়াম পাওয়া যায় না। (ঘ) সল্‌ভে পদ্ধতিতে পটাসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করা যায় না। (ঙ) সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র লবণ পাওয়া যায় না। (চ) $CuSO_4$ দ্রবণে জিঙ্ক দানা ফেলিলে দ্রবণ বর্ণহীন হয়। (ছ) জিঙ্ক চূর্ণ ও ক্ষারের মিশ্রণের সহিত সোডিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া নির্গত হয়। (জ) তপ্ত জিঙ্ক অক্সাইডের মধ্যে দুই-তিন ফোঁটা কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে উহা সবুজ বর্ণ হয়। (ঝ) রেড লেডকে মিশ্র অক্সাইড মনে করা হয়। (ঞ) আয়রণ লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় কিন্তু গাঢ় অ্যাসিডে হয় না।

উত্তর : (ক) Na_2O_2. হিম-শীতল লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে কিন্তু PbO_2 অনুরূপ অবস্থায় কোন ক্রিয়া করে না। $Na_2O_2+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O_2$. সেইজন্য Na_2O_2 পার-অক্সাইড শ্রেণীভুক্ত কিন্তু PbO_2 তাহা নয়।

(খ) প্রশম লবণ সোডিয়াম কার্বনেট ও ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ উভয়েই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় : $Na_2CO_3+2H_2O=2NaOH+H_2CO_3$; $FeCl_3+3H_2O=Fe(OH)_3+3HCl$. ফলে Na_2CO_3 দ্রবণে কষ্টিক সোডা ও কার্বনিক অ্যাসিড গঠিত হয়; কষ্টিক সোডা তীব্র ক্ষার বলিয়া ইহা সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয় এবং দ্রবণে OH^- আয়নের আধিক্য ঘটে। সেইজন্য Na_2CO_3-এর জলীয় দ্রবণ প্রশম না হইয়া ক্ষার-ধর্মী হয়। অপরদিকে, $FeCl_3$ দ্রবণে ফেরিক হাইড্রক্সাইড ও HCl উৎপন্ন হয়; HCl তীব্র অ্যাসিড বলিয়া ইহার সম্পূর্ণ আয়নীভবনের ফলে দ্রবণে H^+ আয়নের আধিক্য হেতু দ্রবণ প্রশম না হইয়া অম্ল-ধর্মী হয়।

(গ) গলিত NaCl-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণে Na^+ আয়ন ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া সোডিয়াম ধাতুতে পরিণত হয় এবং Cl^- আয়ন অ্যানোডে ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া ক্লোরিন গ্যাসরূপে নির্গত হয়। NaCl-এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রথমে যথারীতি ক্যাথোডে সোডিয়াম এবং অ্যানোডে ক্লোরিন মুক্ত হয়; কিন্তু উৎপন্ন সোডিয়াম সঙ্গে সঙ্গে জলের সহিত বিক্রিয়ায় NaOH দ্রবণ ও H_2 উৎপন্ন করে। অধিকন্তু NaOH দ্রবণ ও Cl_2 পরস্পর ক্রিয়া করিয়া হাইপো-ক্লোরাইট বা ক্লোরেট লবণে পরিণত হয়। সেইজন্য NaCl-এর জলীয় দ্রবণ হইতে সোডিয়াম পাওয়া যায় না। $NaCl \rightleftharpoons Na^++Cl^-$; ক্যাথোডে : $Na^++e=Na$; $2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$. অ্যানোডে : $2Cl^--2e=Cl_2$.

(ঘ) ৩১৭ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ঙ) ৩৩৭ (iv) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(চ) তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে জিঙ্কের নীচে কপার অবস্থিত বলিয়া কপার অপেক্ষা জিঙ্ক বেশী তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু। এই কারণে কপার অপেক্ষা জিঙ্ক সহজেই আয়নিত হয়। নীল $CuSO_4$ দ্রবণে জিঙ্ক দানা ফেলিলে ইহা Zn^{++} আয়ন উৎপন্ন করিয়া দ্রবণে চলিয়া যায় এবং তুল্যাঙ্ক পরিমাণ কপার ধাতু $CuSO_4$ হইতে অধঃক্ষিপ্ত হয় : $CuSO_4+Zn=ZnSO_4+Cu$. ফলে দ্রবণের নীলবর্ণ লোপ পাইয়া উহা বর্ণহীন হয়।

(ছ) ক্ষার দ্রবণে জিঙ্ক-চূর্ণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে জিঙ্কেট লবণ ও জায়মান হাইড্রোজেন গঠিত হয়। জায়মান হাইড্রোজেনের বিজারণ ক্ষমতা বেশী; ইহা সোডিয়াম নাইট্রেটকে সঙ্গে সঙ্গে বিজারিত করিয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। $Zn+2NaOH=Na_2ZnO_2+2H$; $NaNO_3+8H=NH_3+NaOH+2H_2O$. সেইজন্য জিঙ্ক-চূর্ণ ও ক্ষারের মিশ্রণের সহিত $NaNO_3$ উত্তপ্ত করিলে NH_3 নির্গত হয়। $NaNO_3+4Zn+7NaOH=NH_3+4Na_2ZnO_2+2H_2O$.

(জ) উত্তপ্ত অবস্থায় কোবাল্ট নাইট্রেট বিশ্লিষ্ট হইয়া কোবাল্ট অক্সাইড (CoO),

NO_2 ও অক্সিজেন দেয়। উৎপন্ন কোবাল্ট অক্সাইড তপ্ত জিঙ্ক অক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া সুন্দর সবুজ কোবাল্ট জিঙ্কেট যৌগ গঠন করে : $ZnO+CoO=ZnCoO_2$. সেইজন্য উৎপন্ন পদার্থটি সবুজ বর্ণ হয়।

(ঝ) রেড লেড উষ্ণ ও লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়ায় লেড ক্লোরাইড ও অদ্রাব্য কালো লেড ডাই-অক্সাইড, PbO_2 উৎপন্ন করে : $Pb_3O_4+4HCl=2PbCl_2+PbO_2+2H_2O$. এক্ষেত্রে লেড মনোক্সাইড, PbO লঘু HCl-এ দ্রবীভূত হইয়া $PbCl_2$ গঠন করে কিন্তু PbO_2 অংশ অবিকৃত থাকে। এই কারণে রেড লেডকে PbO ও PbO_2-এর মিশ্রণ ($2PbO.PbO_2$) অর্থাৎ মিশ্র অক্সাইড মনে করা হয়।

(ঞ) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে আয়রণ রাখিলে উহার উপরিভাগে জারণ-ক্রিয়া দ্বারা আয়রণ অক্সাইডের পাতলা আবরণ পড়ে। ফলে আয়রণ অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিতে পারে না বলিয়া বিক্রিয়া করে না অর্থাৎ আয়রণ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। ইহাকে আয়রণের নিষ্ক্রিয় অবস্থা বলে।

প্রশ্ন : ৩৪১। কি ঘটে, সমীকরণসহ বর্ণনা কর :—

(i) বায়ুর উপস্থিতিতে ক্রোমিয়াম লবণের সহিত Na_2O_2 উত্তপ্ত করা হয়; (ii) NaOH দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করা হয়; (iii) KCl ও $NaNO_3$ দ্রবণ একত্রে উত্তপ্ত করিয়া ক্রমশঃ ঠাণ্ডা করা হয়; (iv) চুন ও কোকের মিশ্রণ অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়; (v) $CuSO_4$ দ্রবণে অ্যামোনিয়া ধীরে ধীরে যোগ করা হয়; (vi) কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্য দিয়া SO_2 প্রবাহিত করা হয়; (vii) কস্টিক সোডা ও দস্তা-চূর্ণের সহিত সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ ফুটান হয়; (viii) অ্যালুমিনিয়াম লবণের দ্রবণে $NaHCO_3$ দ্রবণ যোগ করা হয়; (ix) অ্যালুমিনা ও কোক-চূর্ণের উত্তপ্ত মিশ্রণে ক্লোরিন প্রবাহিত করা হয়; (x) লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে একটি জিঙ্ক দণ্ড ডুবাইয়া রাখা হয়। (xi) রেড লেডের সহিত পৃথকভাবে লঘু এবং গাঢ় HCl উত্তপ্ত করা হয়; (xii) লেড লবণের জলীয় দ্রবণে পৃথকভাবে Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$ দ্রবণ যোগ করা হয়; (xiii) নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে ম্যাঙ্গানিজ লবণ ও লেড ডাই-অক্সাইড উত্তপ্ত করা হয়; (xiv) ফেরাস সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের মিশ্র দ্রবণের মধ্যে সাবধানে গাঢ় H_2SO_4 ধীরে ধীরে যোগ করা হয়; (xv) বিগলিত ক্ষারের সহিত ফেরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করা হয়।

উত্তর : (i) Na_2O_2 একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য। বায়ুতে ক্রোমিয়াম লবণের সহিত Na_2O_2 উত্তপ্ত করিলে ইহা ক্রোমিক লবণকে জারিত করিয়া হলুদ বর্ণের সোডিয়াম ক্রোমেটে পরিণত করে : $2Cr_2O_3+4Na_2O_2+O_2=4Na_2CrO_4$.

(ii) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে NaOH দ্রবণ যোগ করিলে বাদামী বর্ণের সিলভার অক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে। প্রথমে বিপরিবর্ত বিক্রিয়ায় $NaNO_3$ ও সিলভার হাইড্রক্সাইড গঠিত হয়; কিন্তু সিলভার হাইড্রক্সাইড অস্থায়ী বলিয়া বিযোজনের ফলে অক্সাইড উৎপন্ন করে। $2AgNO_3+2NaOH=Ag_2O+2NaNO_3+H_2O$.

(iii) ৩৩৮ (iv) নং প্রশ্নোত্তর (পটাসিয়াম নাইট্রেট প্রস্তুতি) দেখ।

(iv) তড়িৎ-চুল্লীতে 2000°C উষ্ণতায় চুন ও কোকের (3 : 2 অনুপাতে) মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়ার ফলে ক্যালসিয়াম কার্বাইড ও কার্বন মনোক্সাইড গঠিত হয়: $CaO+3C=CaC_2+CO$.

(v) ১৯৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (v) অংশ দেখ।

(vi) $CuCl_2$ দ্রবণের মধ্য দিয়া SO_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে সাদা কিউপ্রাস ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে H_2SO_4 ও HCl থাকে। SO_2 বিজারক দ্রব্য বলিয়া ইহা কিউপ্রিক ক্লোরাইডকে কিউপ্রাস লবণে বিজারিত করে এবং নিজে H_2SO_4-এ জারিত হয়: $2CuCl_2+SO_2+2H_2O=Cu_2Cl_2+H_2SO_4+2HCl$.

(vii) ৩৪০ (ছ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(viii) অ্যালুমিনিয়াম লবণের দ্রবণে $NaHCO_3$ মিশাইলে অ্যালুমিনিয়াম কার্বনেট গঠিত হয় না। বিক্রিয়ার ফলে অদ্রবণীয় আঠালো আলুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়, CO_2 নির্গত হয় এবং সোডিয়াম লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে: $Al_2(SO_4)_3+6NaHCO_3=3Al(OH)_3+3Na_2SO_4+6CO_2$. এক্ষেত্রে প্রচুর ফেনাসহ CO_2 নির্গত হয়।

(ix) ৩৩০ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(x) ৩৩৫ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(xi) লঘু HCl-এর সহিত রেড লেড উত্তপ্ত করিলে লেড ক্লোরাইড ও অদ্রাব্য কালো লেড ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে: $Pb_3O_4+4HCl=2PbCl_2+PbO_2+2H_2O$. কিন্তু ইহাকে গাঢ় HCl-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে লেড ক্লোরাইড ও ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। রেড লেড তীব্র জারক দ্রব্য বলিয়া ইহা উত্তপ্ত গাঢ় HCl-কে জারিত করিয়া Cl_2 নির্গত করে। $Pb_3O_4+8HCl=3PbCl_2+4H_2O+Cl_2$.

(xii) লেড লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে বিভিন্ন ক্ষারকীয় লেড কার্বনেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে এবং দ্রবণে সোডিয়াম লবণ থাকে। ইহাদের মধ্যে সীস-শ্বেত, $2PbCO_3.Pb(OH)_2$ উল্লেখযোগ্য। কিন্তু লেড লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে সাদা লেড কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। $Pb(NO_3)_2+2NaHCO_3=PbCO_3+2NaNO_3+H_2O+CO_2$.

(xiii) নাইট্রিক অ্যাসিডসহ ম্যাঙ্গানিজ লবণকে লেড ডাই-অক্সাইডের সহিত উত্তপ্ত করিলে বেগুনী বর্ণের দ্রবণ পাওয়া যায়। লেড ডাই-অক্সাইড শক্তিশালী জারক দ্রব্য বলিয়া ইহা HNO_3-এর উপস্থিতিতে ম্যাঙ্গানিজ লবণকে পার-ম্যাঙ্গানিক অ্যাসিডে জারিত করে এবং নিজে প্লাম্বাস লবণে বিজারিত হয়। $2MnSO_4+5PbO_2+6HNO_3=2HMnO_4+2PbSO_4+3Pb(NO_3)_2+2H_2O$.

(xiv) ২১০ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ দেখ।

(xv) তীব্র ক্ষারের সহিত ফেরিক অক্সাইড মিশাইয়া উত্তাপ প্রয়োগে বিগলিত করিলে ফেরাইট লবণ ও জল উৎপন্ন হয়: $Fe_2O_3+2NaOH=2NaFeO_2+H_2O$. এক্ষেত্রে ফেরিক অক্সাইডের মৃদু অ্যাসিড ধর্ম প্রকাশ পায়।

দ্বাবিংশ অধ্যায়	জৈব রসায়ন : জৈব যৌগের গঠন

প্রশ্ন : ৩৪২। (ক) জৈব রসায়ন ও জৈব যৌগ বলিতে কি বুঝায়? (খ) জৈব ও অজৈব যৌগের মধ্যে প্রধান পার্থক্যগুলি উল্লেখ কর। অথবা, জৈব যৌগের কয়েকটি প্রধান বৈশিষ্ট্য আলোচনা কর। (গ) মানব জীবনে জৈব রসায়নের অবদান কি?

উত্তর : (ক) কার্বন-ঘটিত যাবতীয় যৌগকে জৈব যৌগ বলে এবং ইহাদের রাসায়নিক আলোচনাকে জৈব রসায়ন বলা হয়। জৈব রসায়নে বিভিন্ন কার্বন যৌগ এবং প্রধানতঃ উদ্ভিদ ও প্রাণী হইতে উদ্ভূত পদার্থসমূহ যথা প্রোটিন, কার্বোহাইড্রেট, চর্বি ও তেল, ভিটামিন, উপক্ষার, রং ইত্যাদির গঠন ও ক্রিয়া-প্রক্রিয়ার পরিচয় পাওয়া যায়।

(খ) জৈব ও অজৈব যৌগের মধ্যে পার্থক্য (জৈব যৌগের বৈশিষ্ট্য)—

(১) জৈব যৌগে কার্বন থাকিবেই; ইহা ছাড়া হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার, হ্যালোজেন ও ফসফরাস থাকে। কিন্তু অজৈব যৌগে 92-টি মৌলের যে-কোনটি থাকিতে পারে। তদসত্ত্বেও জৈব যৌগের সংখ্যা বর্তমানে দশ লক্ষাধিক কিন্তু অজৈব যৌগের সংখ্যা প্রায় 75000 মাত্র।

(২) জৈব যৌগ সাধারণতঃ সমযোজী; সেইজন্য উহারা উদ্বায়ী এবং অপেক্ষাকৃত কম গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট হয়। অজৈব যৌগ সাধারণতঃ তড়িৎ-যোজী বলিয়া অনুদ্বায়ী হয়; ইহাদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষাকৃত বেশী।

(৩) জৈব যৌগ সাধারণতঃ দাহ্য পদার্থ, জলে অদ্রবণীয় কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য; ইহারা তড়িৎ-বিশ্লেষ্য নয়। পক্ষান্তরে, অজৈব যৌগ অদাহ্য পদার্থ, জলে দ্রাব্য কিন্তু জৈব দ্রাবকে অদ্রবণীয়; ইহারা অধিকাংশই তড়িৎ-বিশ্লেষ্য।

(৪) অনেক জৈব যৌগের অণুর গঠন খুবই জটিল এবং উহাদের অণুতে বহু সংখ্যক পরমাণু থাকে; যেমন শ্বেতসারের সংকেত $C_{1200}H_{2000}O_{1000}$. অজৈব যৌগের অণুর গঠন সরল এবং উহারা কম-সংখ্যক পরমাণু বিশিষ্ট।

(৫) জৈব যৌগের বিক্রিয়াসমূহ আয়নীয় নয় বলিয়া গতি খুবই মন্থর এবং সাধারণতঃ জটিল ধরণের হয়। অজৈব যৌগের অধিকাংশ বিক্রিয়াই আয়নীয়, সেইজন্য উহারা সরল প্রকৃতির এবং দ্রুতগতি সম্পন্ন।

(৬) জৈব যৌগগুলির মধ্যে শ্রেণীগত বিস্ময়কর স্বাভাবিক সাদৃশ্য পরিলক্ষিত হয় কিন্তু অজৈব যৌগের এরূপ সাদৃশ্য নাই বলিলেই চলে।

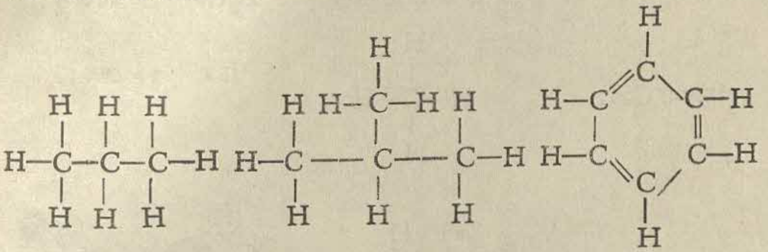
(৭) একই আণবিক সংকেতের বিভিন্ন ধর্ম সম্বলিত ভিন্ন ভিন্ন জৈব যৌগ প্রচুর পাওয়া যায় কিন্তু অজৈব যৌগের ক্ষেত্রে ইহা খুবই সীমিত।

(গ) জৈব রসায়নের সহিত মানুষের সম্পর্ক অতি নিবিড় এবং উহার নিকট মানুষের জীবন ও সভ্যতা বহুলাংশে ঋণী। মানুষের দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত ও প্রয়োজনীয় দ্রব্যসম্ভার জৈব যৌগ হইতেই উৎপন্ন হয়। মানব জীবনের মূল প্রয়োজনীয় দ্রব্য তথা খাদ্য, জ্বালানী, বস্ত্র, আশ্রয় ও স্বাস্থ্য-সহায়ক বস্তু হইতে আরম্ভ করিয়া বিলাস-সামগ্রী তথা সুগন্ধি ও প্রসাধন দ্রব্য পর্যন্ত সমস্তই জৈব পদার্থ হইতে উদ্ভূত। ভাত, রুটি, চিনি, দুধ, মাছ, মাংস, ডিম, তেল, মাখন, ঘি, ফল, শাক-সব্জী প্রভৃতি মানুষের খাদ্যবস্তুর অধিকাংশই জৈব যৌগ; এমন-কি হাড় ও জল ব্যতীত জীবদেহের প্রায় সকল অংশ জৈব যৌগ দ্বারা গঠিত। আমাদের পোষাক-পরিচ্ছদের উপকরণ তুলা, পশম ও রেশম এবং অধুনা কৃত্রিম তন্তু নাইলন, রেয়ন, টেরিলিন প্রভৃতিও জৈব যৌগ। কাঠ, কয়লা, পেট্রোলিয়াম প্রভৃতি জ্বালানীও তাই। অধিকাংশ ঔষধ ও রোগ-প্রতিষেধক দ্রব্যও জৈব যৌগ। সভ্যতা, শিক্ষা ও সংস্কৃতির জন্য অপরিহার্য কাগজ, কালি, রং প্রভৃতি এবং বাসস্থান নির্মাণের জন্য কাঠ, প্লাস্টিক প্রভৃতিও জৈব পদার্থ। ইহা ছাড়া চামড়া, প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম নানা প্রকারের রবার, চর্বি, পরিষ্কার-পরিচ্ছন্নতার জন্য সাবান এবং নানাবিধ রাসায়নিক দ্রব্যাদিও জৈব যৌগ। এক কথায় মানুষের জীবন ধারণের প্রায় সমস্ত উপকরণই জৈব যৌগ হইতে উদ্ভূত।

প্রশ্ন : ৩৪৩। (ক) কার্বনের মুক্ত শৃংখল ও বেষ্টনী গঠনের মূলে কি? অথবা, কার্বন মুক্ত সারি এবং বৃত্তাকার যৌগ কিভাবে গঠন করে? উদাহরণসহ বুঝাইয়া দাও। (খ) কার্বন যোজ্যতার চতুস্তলকীয় মডেল ব্যাখ্যা কর। (গ) মিথেন, ইথেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ও বেঞ্জিন অণুর গঠন চতুস্তলকীয় মডেল এবং সমতলীয় গঠন-সংকেত দ্বারা লিখ।

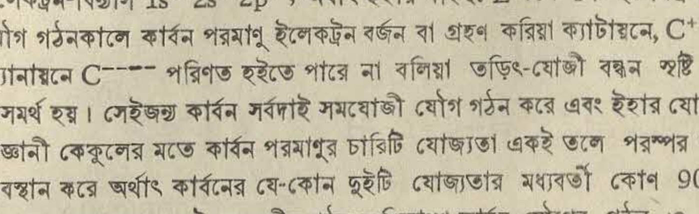
উত্তর : (ক) কার্বন পরমাণুর একটি বিশেষ ধর্ম বা যোজন ক্ষমতা আছে; ইহার বলে যৌগ গঠনের সময় কার্বন পরমাণু নিজেদের মধ্যে সমযোজ্যতার সাহায্যে যুক্ত হইয়া কার্বন শৃংখল (সারি) ও বেষ্টনী সৃষ্টি করে। কার্বনের এই বিশেষ ক্ষমতাকে ক্যাটেনেশন বলে। ইহার ফলে দুইটি কার্বন পরমাণু সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া যৌগ গঠনকালে উহাদের প্রত্যেকটির একটি যোজ্যতা পরিতৃপ্ত হইয়া C–C বণ্ড বা বন্ধন সৃষ্টি করিলে অপর তিনটি যোজ্যতা মুক্ত থাকে $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$; তিন বা ততোধিক কার্বন পরমাণুযুক্ত যৌগে একটি কার্বন পরমাণু অপর দুইটি কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত থাকিতে পারে। এইভাবে বহু সংখ্যক কার্বন পরমাণু পরস্পর সংযুক্ত হইয়া কার্বন শৃংখল বা সারি $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$; $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$ প্রভৃতি গঠন করে এবং উৎপন্ন অণুগুলি বেশ স্থায়ী হয়। এই কার্বন শৃংখল মুক্ত সারি হইলে উৎপন্ন যৌগকে মুক্ত-শৃংখল যৌগ বলা হয়। মুক্ত সারি (open-chain)-তে দুই প্রান্তের কার্বন পরমাণু পরস্পর যুক্ত না থাকিয়া বিচ্ছিন্ন থাকে। এইরূপ মুক্ত সারি সরল (straight) বা

শাখা বিশিষ্ট (branched) হইতে পারে। আবার অনেক ক্ষেত্রে কার্বন পরমাণুগুলি পরস্পরের সহিত সংযোগের সময় বদ্ধ বা বৃত্তাকার সারি (closed chain) গঠন করে; এইরূপ যৌগকে যুক্ত শৃংখল বা বৃত্তাকার যৌগ বলা হয়। নিম্নে উহাদের একটি করিয়া উদাহরণ দেওয়া হইল।



প্রোপেন, C_3H_8 আইসো-বিউটেন, C_4H_{10} বেঞ্জিন, C_6H_6

(খ) কার্বন জৈব যৌগের মূল উপাদান। কার্বনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 6 এবং ইহার ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$; অর্থাৎ ইহার বহিস্থঃ L-কক্ষে 4-টি ইলেকট্রন আছে। যৌগ গঠনকালে কার্বন পরমাণু ইলেকট্রন বর্জন বা গ্রহণ করিয়া ক্যাটায়নে, C^{++++} বা অ্যানায়নে C^{----} পরিণত হইতে পারে না বলিয়া তড়িৎ-যোজী বন্ধন সৃষ্টি করিতে অসমর্থ হয়। সেইজন্য কার্বন সর্বদাই সমযোজী যৌগ গঠন করে এবং ইহার যোজ্যতা 4. বিজ্ঞানী কেকুলের মতে কার্বন পরমাণুর চারিটি যোজ্যতা একই তলে পরস্পর লম্বভাবে অবস্থান করে অর্থাৎ কার্বনের যে-কোন দুইটি যোজ্যতার মধ্যবর্তী কোণ 90° হয়। কার্বনের যোজ্যতার এই সমতলীয় গঠন অধিকাংশ কার্বন যৌগের গঠন ও ধর্মাবলী ব্যাখ্যা করে কিন্তু ইহা দ্বারা কতকগুলি যৌগের বিশেষ ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায় না। ইহা সুষ্ঠুভাবে ব্যাখ্যা করিবার জন্য বিজ্ঞানী লা-বেল এবং ভ্যাণ্ট হফ্ 1874 খ্রীষ্টাব্দে স্বতন্ত্রভাবে কার্বনের যোজ্যতার চতুস্তলকীয় মডেলের মতবাদ প্রবর্তন করেন। তাঁহাদের মতে কার্বন পরমাণুর চারিটি যোজ্যতা একই সমতলে অবস্থিত নয়; এই চারিটি যোজ্যতা একটি কাল্পনিক সুষম চতুস্তলকের চারিটি কোণের দিকে প্রসারিত এবং কার্বন পরমাণু উহার



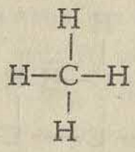
চিত্র ৬৯

কেন্দ্রস্থলে অবস্থিত। প্রত্যেক যোজ্যতার অবস্থান সুনির্দিষ্ট এবং কার্বনের যে কোন দুইটি যোজ্যতার মধ্যবর্তী কোণের পরিমাণ 109°28′ থাকে। পরবর্তীকালে বিভিন্ন

উপায়ে এই মতবাদের সত্যতা প্রমাণিত হয়। পঠন-পাঠনের সুবিধার জন্য কার্বন পরমাণুর চারিটি যোজ্যতা একই তলে অবস্থান ধরিয়া সমতলীয় গঠন সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

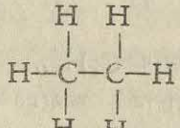
(গ) **নাম** **সমতলীয় গঠন** **চতুস্তলকীয় মডেল**

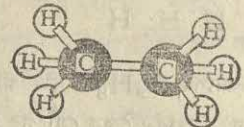
মিথেন, CH_4



চিত্র নং ৬৯ দেখ।

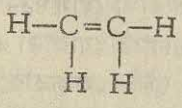
ইথেন, C_2H_6

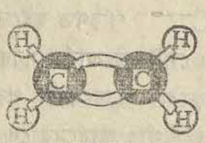




একবন্ধ ইথেন(C_2H_6)

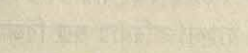
ইথিলিন, C_2H_4





দ্বিবন্ধ ইথিলিন(C_2H_4)

অ্যাসিটিলিন, C_2H_2 $H—C\equiv C—H$



ত্রিবন্ধ অ্যাসিটিলিন(C_2H_4)

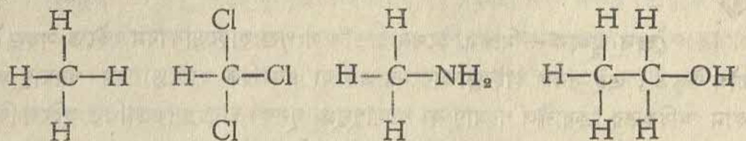
প্রশ্ন : ৩৪৪। টীকা লিখ :—(i) **ক্যাটেনেশন,** (ii) **দ্বি-বন্ধ ও ত্রি-বন্ধ,** (iii) **সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত যৌগ,** (iv) **বেঞ্জিন বলয়,** (v) **জৈব মূলক,** (vi) **কার্যকরী মূলক বা পরমাণু-পুঞ্জ,** (vii) **সমগণীয় শ্রেণী,** (viii) **সমাবয়বতা।**

উত্তর : (i) **ক্যাটেনেশন**—৩৪৩ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) **দ্বি-বন্ধ ও ত্রি-বন্ধ**—জৈব যৌগ গঠনকালে কার্বন পরমাণুগুলির পারস্পরিক সংযুক্তির সময় একাধিক যোজ্যতা অংশগ্রহণ করিতে পারে। একটি কার্বন পরমাণুর দুইটি অথবা তিনটি যোজ্যতা সমযোজ্যতার সাহায্যে অপর একটি কার্বন পরমাণুর

দুইটি অথবা তিনটি যোজ্যতার সঙ্গে যুক্ত হইলে যথাক্রমে একটি দ্বি-বন্ধ = অথবা একটি ত্রি-বন্ধের ≡ সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে দুইটি কার্বন পরমাণুর প্রত্যেকটি দুইটি বা তিনটি ইলেকট্রন জোড় সৃষ্টি করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাস নিয়ন পরমাণুর গঠন পায় এবং অণুস্থিত প্রত্যেকটি কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা সর্বদা 4 থাকে। ইথিলিন $H-\underset{H}{C}=\underset{H}{C}-H$ ও প্রোপিলিন $H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{C}=\underset{H}{C}-H$ যৌগে একটি দ্বি-বন্ধ এবং অ্যাসিটিলিন $H-C\equiv C-H$ যৌগে একটি ত্রি-বন্ধ থাকে। দ্বি-বন্ধ, $-\overset{|}{C}=\overset{|}{C}-$ দুর্বল এবং ত্রি-বন্ধ, $-C\equiv C-$ আরও দুর্বল প্রকৃতির ; সেইজন্য রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ইহারা সহজেই অংশ গ্রহণ করিয়া সুস্থিত এক-বন্ধে পরিণত হয়।

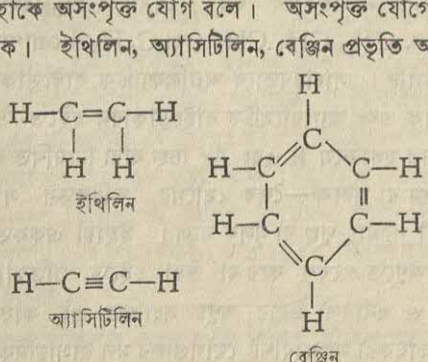
(iii) **সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত যৌগ**—যে সকল জৈব যৌগের অণুতে কার্বন পরমাণুগুলি পরস্পরের সহিত এক সম-যোজী বণ্ডের সাহায্যে যুক্ত থাকে তাহাকে সংপৃক্ত যৌগ বলে। মিথেন, ক্লোরোফর্ম, মিথাইল অ্যামিন, ইথাইল অ্যালকোহল প্রভৃতি সংপৃক্ত যৌগ।



মিথেন ক্লোরোফর্ম মিথাইল অ্যামিন ইথাইল অ্যালকোহল

সংপৃক্ত যৌগের বৈশিষ্ট্য এই যে, ইহারা খুবই নিষ্ক্রিয় এবং প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। (মিথেনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সমীকরণসহ উল্লেখ কর)।

যে সকল জৈব যৌগের অণুতে অন্ততঃ একটি দ্বি-বন্ধ বা একটি ত্রি-বন্ধ বর্তমান থাকে তাহাকে অসংপৃক্ত যৌগ বলে। অসংপৃক্ত যৌগে কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা অপরিতৃপ্ত থাকে। ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, বেঞ্জিন প্রভৃতি অসংপৃক্ত যৌগ।

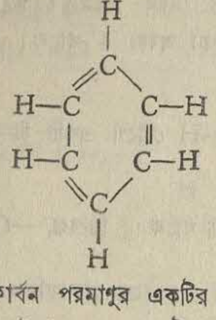


ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, বেঞ্জিন

অসংপৃক্ত যৌগের বৈশিষ্ট্য এই যে, ইহারা খুব সক্রিয় এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সহজেই অংশ গ্রহণ করে। ইহারা যুত-যৌগ গঠন করে। (ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের দুইটি যুত-বিক্রিয়া সমীকরণসহ লিখ)।

অসংপৃক্ত যৌগ বা উহার অ্যালকোহলীয় দ্রবণ (১) বেগুনী বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করে এবং (২) হলুদ বর্ণের ব্রোমিন-জলকে বর্ণহীন করে।

(iv) **বেঞ্জিন বলয়**—বেঞ্জিনের আণবিক সংকেত C_6H_6. ইহার ছয়টি কার্বন পরমাণু পরস্পরের সহিত যুক্ত থাকিয়া সংবৃত্তাকারে আবদ্ধ এবং প্রত্যেকটি কার্বন



পরমাণুর সহিত একটি করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণু সমযোজী বন্ধনে যুক্ত থাকে। 1865 খ্রীষ্টাব্দে জার্মান বিজ্ঞানী কেকুলে বেঞ্জিন অণুর সুষম ষড়ভূজাকার গঠন প্রস্তাব করেন। ইহাতে দুইটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে পর্যায়ক্রমে এক-বন্ধ ও দ্বি-বন্ধ আছে ; অর্থাৎ বেঞ্জিন অণুর যে-কোন একটি কার্বন পরমাণু পার্শ্ববর্তী দুইটি কার্বন পরমাণুর একটির সঙ্গে দ্বি-বন্ধ ও অপরটির সঙ্গে এক-বন্ধ দ্বারা সংযুক্ত থাকে। ইহাতে প্রত্যেকটি কার্বন পরমাণুর চারিটি যোজ্যতা পূর্ণ হয়। এইভাবে বেঞ্জিন অণুতে সর্বমোট তিনটি দ্বি-বন্ধ থাকে এবং ইহা অসংপৃক্ত যৌগ। সাধারণতঃ বেঞ্জিনের অণু প্রকাশ করিতে কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি উহ্য রাখা হয় এবং



বেঞ্জিনের একটি অণু নির্দেশ করে। ইহাকে বেঞ্জিন বলয় বলে।

(v) **জৈব মূলক**—মিথেন, ইথেন প্রভৃতি সংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন হইতে সমস্ত জৈব যৌগ উদ্ভূত ; এই সকল হাইড্রোকার্বনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু অপর কোন অধিকতর ক্রিয়াশীল পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জ (মূলক) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে বিভিন্ন শ্রেণীর জৈব যৌগ উৎপন্ন হয়। হাইড্রোকার্বন হইতে হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রতিস্থাপনে গঠিত কার্বন-হাইড্রোজেন কাঠামোকে জৈব মূলক বলে। ইহারা এককভাবে বিভিন্ন জৈব যৌগে বর্তমান থাকে এবং অধিকতর স্থায়ী বলিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অপরিবর্তিত থাকিয়া অংশ গ্রহণ করে। ইহারা সাধারণতঃ একযোজী হয়। জৈব মূলকগুলির নাম মূল হাইড্রোকার্বনের নামানুসারে হয়। যেমন CH_3-মিথাইল, $CH_3.CH_2$-(বা C_2H_5-) ইথাইল, $CH_3.CH_2.CH_2$-(বা C_3H_7-) প্রোপাইল, C_6H_5- বেঞ্জাইল (বা ফিনাইল) ইত্যাদি। সাধারণভাবে অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বন হইতে উদ্ভূত মূলককে অ্যালকিল মূলক এবং অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন হইতে উদ্ভূত মূলককে অ্যারিল মূলক বলে ; উহাদের যথাক্রমে R এবং Ar চিহ্ন দ্বারা নির্দেশিত হয়।

(vi) **কার্যকরী পরমাণু-পুঞ্জ বা মূলক**—জৈব যৌগের অধিকতর সক্রিয় অংশ তথা পরমাণু-পুঞ্জকে কার্যকরী পরমাণু-পুঞ্জ বা মূলক বলে। ইহারা এককভাবে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন যৌগের অণুতে প্রবেশ করে বা উহা হইতে প্রতিস্থাপিত হয়। জৈব যৌগের প্রকৃতি, ক্রিয়া ও ধর্মাবলী উহার অণুর মধ্যস্থিত এই কার্যকরী মূলকের উপর নির্ভর করে। একই কার্যকরী মূলকবিশিষ্ট যৌগগুলির মূল রাসায়নিক ধর্ম একই থাকে কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন কার্যকরী মূলক বিশিষ্ট যৌগগুলির ধর্ম বিভিন্ন হয়। অর্থাৎ জৈব যৌগের ধর্ম ইহাতে বর্তমান কার্যকরী মূলকেরই ধর্ম।

সমস্ত অ্যালকোহলের মধ্যে $-OH$ মূলক থাকে। এইজন্য উহাদের রাসায়নিক ধর্মগুলি একই রকম। যেমন সব অ্যালকোহল সোডিয়ামের সহিত বিক্রিয়ায় H_2 উৎপাদন, PCl_5-এর সহিত HCl গঠন, অ্যাসিডের সহিত এস্টার উৎপাদন এবং জারণের ফলে অ্যালডিহাইড বা কিটোন উৎপন্ন করে। অ্যালকোহলের এই মূল ধর্মগুলি উহাদের অণু মধ্যস্থিত কার্যকরী $-OH$ মূলকের বিক্রিয়া নির্দেশ করে। সেইরূপ সমস্ত অ্যালডিহাইডে $-CHO$ কার্যকরী মূলক থাকে বলিয়া উহাদের মূল ধর্ম একই প্রকার হয়। এই কারণে বিভিন্ন কার্যকরী মূলক বিশিষ্ট যৌগগুলি ভিন্ন ভিন্ন ধর্মাবলম্বী শ্রেণী গঠন করে। সুতরাং কার্যকরী মূলকই জৈব যৌগের বিভিন্ন সমগোত্রীয় শ্রেণীর উৎপত্তির কারণ। আবার কোন যৌগে একাধিক অভিন্ন বা বিভিন্ন কার্যকরী মূলক থাকিতে পারে ; যেমন গ্লাইকল $CH_2OH.CH_2OH$, ল্যাকটিক অ্যাসিড $CH_3.CH(OH).COOH$ প্রভৃতি।

(vii) **সমগণীয় শ্রেণী**—জৈব যৌগগুলিকে কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে কয়েকটি প্রধান শ্রেণী যথা হাইড্রোকার্বন, অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, কিটোন, অ্যাসিড প্রভৃতি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায় যাহাদের গঠন প্রকৃতি ও রাসায়নিক ধর্ম একই প্রকার থাকে। একই শ্রেণীভুক্ত যৌগগুলিকে উহাদের ক্রমবর্ধমান আণবিক গুরুত্ব অনুসারে সাজাইলে দেখা যায় যে পর পর দুইটি যৌগের মধ্যে সর্বদাই একটি $-CH_2$ পরমাণু-পুঞ্জের ব্যবধান থাকে। এইরূপ $-CH_2$ পরমাণু-পুঞ্জ পার্থক্য বিশিষ্ট সমধর্মী এক একটি শ্রেণীকে সমগণীয় (বা সমগোত্রীয়) শ্রেণী বলে এবং একই শ্রেণীভুক্ত সমস্ত যৌগগুলিকে সমগণ (বা সমগোত্র) বলা হয়। প্রত্যেক শ্রেণীভুক্ত যাবতীয় যৌগসমূহ একটি সাধারণ আণবিক সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। যেমন—

হাইড্রোকার্বন শ্রেণী	অ্যালকোহল শ্রেণী	অ্যাসিড শ্রেণী
C_nH_{2n+2}	$C_nH_{2n+1}OH$	$C_nH_{2n+1}COOH$
CH_4	CH_3OH	$H.COOH$
$CH_3.CH_3$	$CH_3.CH_2OH$	$CH_3.COOH$
$CH_3.CH_2.CH_3$	$CH_3.CH_2.CH_2OH$	$CH_3.CH_2.COOH$

(viii) **সমাবয়বতা**—শুধুমাত্র আণবিক সংকেত দ্বারা জৈব যৌগের প্রকৃতি নির্ণয় করা যায় না ; কারণ একই আণবিক সংকেত বিশিষ্ট একাধিক জৈব যৌগ দেখা যায় যাহাদের গঠন এবং ধর্ম বিভিন্ন হয়। এইরূপ একই আণবিক সংকেত যুক্ত যে সকল জৈব যৌগের আণবিক গঠন ও ধর্ম ভিন্ন থাকে তাহাদিগকে সমাবয়বী (বা সমাংশ) বলে এবং বিভিন্ন ধর্ম বিশিষ্ট একাধিক যৌগ গঠনের এরূপ রাসায়নিক বৈশিষ্ট্যকে সমাবয়বতা (বা সমাংশতা) বলা হয়। সমাবয়বতা দুই প্রকারের : যথা গঠন-ঘটিত ও ত্রিমাত্রিক।

একই আণবিক সংকেতযুক্ত বিভিন্ন যৌগের অণুতে উপস্থিত পরমাণুগুলির বিন্যাসের পার্থক্যের জন্য যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাহাকে গঠন-ঘটিত সমাবয়বতা বলে। এক্ষেত্রে বিভিন্ন যৌগের ভিন্ন ভিন্ন সংযুতি-সংকেত হয় বলিয়া এরূপ সমাবয়বী যৌগসমূহের

ধর্মের মধ্যে পার্থক্য দেখা যায়। গঠন-ঘটিত সমাবয়বতা সাধারণতঃ তিন রকমের হইয়া থাকে। যথা—

(১) C_4H_{10} আণবিক সংকেতের দুইটি সমাবয়বী হাইড্রোকার্বন n-বিউটেন $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ ও আইসো-বিউটেন $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$ পাওয়া যায়। n-বিউটেনে চারিটি কার্বন পরমাণু একটি সরল মুক্ত শৃংখল রচনা করে কিন্তু আইসো-বিউটেনে কার্বন পরমাণুগুলি শাখাযুক্ত শৃংখলে আবদ্ধ। কার্বন শৃংখলের বিভিন্নতার জন্য উদ্ভূত এই ধরণের সমাবয়বতার নাম শৃংখলঘটিত সমাবয়বতা।

(২) C_3H_8O আণবিক সংকেতের দুইটি সমাবয়বী যৌগ n-প্রোপাইল অ্যালকোহল $CH_3-CH_2-CH_2OH$ ও আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল $CH_3-CH(OH)-CH_3$ আছে। একই কার্বন শৃংখলযুক্ত উভয় যৌগের কার্যকরী মূলক, $-OH$ অভিন্ন হইলেও উহাদের অবস্থান বিভিন্ন। এইরূপ সমাবয়বতাকে অবস্থান ঘটিত সমাবয়বতা বলা হয়।

(৩) C_2H_6O আণবিক সংকেতের দুইটি সমাবয়বী যৌগ ইথাইল অ্যালকোহল CH_3-CH_2-OH ও ডাই-মিথাইল ইথার CH_3-O-CH_3. ইহাতে বিভিন্ন কার্যকরী মূলক থাকায় উহারা ভিন্ন সমগণীয় শ্রেণীভুক্ত এবং ভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট। ইহাকে শ্রেণীঘটিত সমাবয়বতা বলে।

প্রশ্ন : ৩৪৫। (ক) কার্যকরী মূলক কি? (খ) কয়েকটি কার্যকরী মূলকের নাম, গঠন এবং উৎপন্ন শ্রেণীসমূহের নাম লিখ। (গ) ইহার ভিত্তিতে জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ উদাহরণসহ বিবৃত কর।

উত্তর : (ক) ৩৪৪ (vi)নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ)

কার্যকরী মূলকের নাম	গঠন	যৌগের শ্রেণী
হাইড্রক্সিল	$-OH$	অ্যালকোহল
অ্যালকোক্সিল	$-O-$	ইথার
অ্যালডিহাইড	$-C(=O)H$ বা $-CHO$	অ্যালডিহাইড
কার্বনিল	$>C=O$ বা $>CO$	কিটোন
কার্বক্সিল	$-C(=O)OH$ বা $-COOH$	অ্যাসিড

কার্যকরী মূলকের নাম	গঠন	যৌগের শ্রেণী
কার্ব-অ্যালকোক্সিল	$-C\langle^{O}_{OR}$ বা $-COOR$	এস্টার
অ্যামিনো	$-N\langle^{H}_{H}$ বা $-NH_2$	অ্যামিন
নাইট্রো	$-N\langle^{O}_{O}$ বা $-NO_2$	নাইট্রো যৌগ

(গ) জৈব যৌগের প্রকৃতি ও ধর্মাবলী উহার গঠন কাঠামো এবং প্রধানতঃ যৌগস্থিত কার্যকরী মূলক (বা পরমাণু-পুঞ্জ)-এর উপর নির্ভর করে। ইহারই ভিত্তিতে জৈব যৌগগুলিকে হাইড্রোকার্বন, অ্যালকোহল, ইথার, অ্যালডিহাইড, কিটোন, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড, এস্টার, অ্যামিন প্রভৃতি বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়।

(১) **হাইড্রোকার্বন**—কার্বন ও হাইড্রোজেনের রাসায়নিক সংযোগে গঠিত দ্বি-মৌল যৌগকে হাইড্রোকার্বন বলে। ইহা দুই প্রকারের : সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত। সংপৃক্ত হাইড্রোকার্বনে দুইটি কার্বন পরমাণু এক সমযোজী বন্ধনে যুক্ত থাকে। ইহাদের প্যারাফিন বা অ্যালকেন শ্রেণী বলে। অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বনে দুইটি কার্বন পরমাণু অন্ততঃ একটি দ্বি-বন্ধ বা একটি ত্রি-বন্ধ দ্বারা যুক্ত থাকে ; ইহাদের যথাক্রমে অ্যালকিন বা অলিফিন শ্রেণী এবং অ্যালকাইন বা অ্যাসিটিলিন শ্রেণী বলে। বিভিন্ন শ্রেণীর হাইড্রো-কার্বনের সাধারণ সংকেত : অ্যালকেন $R.CH_2-CH_3$, অ্যালকিন $R.CH=CH_2$ এবং অ্যালকাইন $R.C\equiv C R$; যেমন ইথেন CH_3-CH_3, ইথিলিন $CH_2=CH_2$ এবং অ্যাসিটিলিন $CH\equiv CH$.

(২) **অ্যালকোহল**—কার্যকরী মূলক হাইড্রক্সিল, $-OH$ যুক্ত জৈব যৌগের শ্রেণীকে অ্যালকোহল বলে। অ্যালকোহলের OH মূলক যুক্ত কার্বন পরমাণুটির সহিত দুইটি, একটি বা শূন্য H পরমাণু যুক্ত থাকিলে উহাদের যথাক্রমে প্রাইমারী, সেকেণ্ডারী বা টারশিয়ারী অ্যালকোহল বলে। আবার অ্যালকোহলের অণুতে 1, 2 বা 3-টি $-OH$ মূলক থাকিলে উহাদের যথাক্রমে মনো-, ডাই- বা ট্রাই-হাইড্রিক অ্যালকোহল বলা হয়। যেমন প্রাইমারী : ইথাইল অ্যালকোহল $CH_3.CH_2-OH$; সেকেণ্ডারী : আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল, $(CH_3)_2.CH-OH$; টারশিয়ারী : আইসো-বিউটাইল অ্যালকোহল, $(CH_3)_3C-OH$; ডাই-হাইড্রিক অ্যালকোহল : গ্লাইকল, $CH_2OH.CH_2OH$; ট্রাই-হাইড্রিক অ্যালকোহল : গ্লিসেরল, $CH_2OH.CHOH.CH_2OH$.

(৩) **ইথার**—এই শ্রেণীর জৈব যৌগে কার্যকরী দ্বি-যোজী অক্সিজেন পরমাণু, $-O-$ দুইটি কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত থাকে। ইথারের সাধারণ সংকেত

R–O–R′ ; এখানে R ও R′ উভয়ই অ্যালকিল মূলক এবং ইহারা এক বা বিভিন্ন হইতে পারে ; যেমন ইথাইল মিথাইল ইথার, $CH_3—O—C_2H_5$ ও ডাই-ইথাইল ইথার, $C_2H_5—O—C_2H_5$.

(৪) **অ্যালডিহাইড**—কার্যকরী মূলক –CHO বিশিষ্ট জৈব যৌগের শ্রেণীকে অ্যালডিহাইড বলে। ইহাদের সাধারণ সংকেত R.CHO. যেমন ফরম্যালডিহাইড H.CHO ও অ্যাসিট্যালডিহাইড, $CH_3.CHO$.

(৫) **কিটোন**—এই শ্রেণীর যৌগে কার্যকরী দ্বি-যোজী মূলক কার্বনিল, $>CO$ বর্তমান থাকে। ইহাদের সাধারণ সংকেত R.CO.R′ ; অ্যালকিল মূলক R ও R′ অভিন্ন বা বিভিন্ন। যেমন অ্যাসিটোন, $CH_3.CO.CH_3$ ও ইথাইল মিথাইল কিটোন, $CH_3.CO.C_2H_5$.

(৬) **কার্বক্সিলিক অ্যাসিড**—এই শ্রেণীর জৈব যৌগে কার্যকরী কার্বক্সিল মূলক –COOH থাকে ; ইহাতে কার্বনিল ও হাইড্রক্সিল দুই মূলকই বর্তমান। ইহাদের সাধারণ সংকেত R.COOH. যেমন ফরমিক অ্যাসিড, H.COOH ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড, $CH_3.COOH$. ইহাদের জৈব অ্যাসিড বলে। এই যৌগে দুইটি বা তিনটি –COOH থাকিলে উহাদের ডাই- বা ট্রাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড বলে।

(৭) **এস্টার**—কার্ব-অ্যালকোক্সিল মূলক, –COOR বিশিষ্ট যৌগগুলি এই শ্রেণীভুক্ত ; ইহাতে কার্বনিল ও অ্যালকোক্সিল এই দুইটি মূলক থাকে। ইহাদের সাধারণ সংকেত R.COOR′, এখানে R ও R′ একই বা বিভিন্ন অ্যালকিল মূলক। যেমন ইথাইল এস্টার, $CH_3.COOC_2H_5$ ও মিথাইল এস্টার $CH_3.COOCH_3$.

প্রশ্ন : ৩৪৬। (ক) সমগণীয় শ্রেণী কাহাকে বলে? (খ) ইহার বৈশিষ্ট্য কি? (গ) কয়েকটি সমগণীয় শ্রেণীর নাম, সাধারণ সংকেত এবং অন্তর্ভুক্ত তিনটি যৌগের উদাহরণ লিপিবদ্ধ কর। (ঘ) জৈব রসায়নকে সমগণীয় শ্রেণীর রসায়ন বলা হয় কেন?

উত্তর : (ক) ৩৪৪ (vii) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) বৈশিষ্ট্য—(১) সকল যৌগই একই রকম পরমাণু দ্বারা গঠিত এবং ইহাদের আণবিক সংকেত একটি সাধারণ সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

(২) বিভিন্ন যৌগগুলিকে অনুরূপ তথা সাধারণ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা সম্ভব।

(৩) ইহাদের রাসায়নিক ধর্মাবলীর মধ্যে প্রভূত সাদৃশ্য বিদ্যমান। সমগণের আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে উচ্চতর যৌগের রাসায়নিক সক্রিয়তা হ্রাস পাইতে থাকে।

(৪) গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক প্রভৃতি ভৌত ধর্মে ইহাদের নিয়মিত ক্রমিক পরিবর্তন হয়।

(৫) ক্রমিক যৌগগুলির আণবিক সংকেত CH_2 পরমাণু-পুঞ্জ দ্বারা পার্থক্য থাকে।

(গ) কয়েকটি সমগণীয় শ্রেণীর নাম, সাধারণ সংকেত এবং অন্তর্ভুক্ত যৌগের নাম পরের পৃষ্ঠায় দেওয়া হইল।

সমগণীয় শ্রেণী	সাধারণ সংকেত	যৌগের নাম
(১) সংপৃক্ত হাইড্রো-কার্বন বা অ্যালকেন বা প্যারাফিন	C_nH_{2n+2}	মিথেন, CH_4 ইথেন, C_2H_6 প্রোপেন, C_3H_8
(২) অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন—		
(ক) অ্যালকিন বা অলিফিন	C_nH_{2n}	ইথিলিন, C_2H_4 প্রোপিলিন, C_3H_6 বিউটিলিন, C_4H_8
(খ) অ্যালকাইন বা অ্যাসিটিলিন	C_nH_{2n-2}	অ্যাসিটিলিন, C_2H_2 মিথাইল অ্যাসিটিলিন, C_3H_4 ডাই-মিথাইল অ্যাসিটিলিন, C_4H_6
(৩) অ্যালকোহল	$C_nH_{2n+1}OH$	মিথাইল অ্যালকোহল, CH_3OH ইথাইল অ্যালকোহল, C_2H_5OH প্রোপাইল অ্যালকোহল, C_3H_7OH
(৪) অ্যালডিহাইড	$C_nH_{2n+1}CHO$	ফরম্যালডিহাইড, HCHO অ্যাসিট্যালডিহাইড, $CH_3.CHO$ প্রোপিওন্যালডিহাইড, $C_2H_5.CHO$
(৫) অ্যাসিড	$C_nH_{2n+1}COOH$	ফরমিক অ্যাসিড, H.COOH অ্যাসেটিক অ্যাসিড, CH_3COOH প্রোপিওনিক অ্যাসিড, C_2H_5COOH

(ঘ) জৈব যৌগের সংখ্যা অগণিত হওয়া সত্ত্বেও উহারা কয়েকটি সমগণীয় শ্রেণীতে বিভক্ত বলিয়া সমস্ত জৈব যৌগের প্রকৃতি ও ধর্মাবলী খুবই সরল ও সহজভাবে জানা যায়। সমগণীয় শ্রেণীর যৌগগুলি বিশেষভাবে পারস্পরিক সমধর্মী বলিয়া প্রত্যেক শ্রেণীর একটি প্রতিনিধি যৌগের প্রস্তুত প্রণালী, ধর্ম, বিক্রিয়া প্রভৃতি জানিতে পারিলেই ঐ শ্রেণীর সমস্ত যৌগ সম্বন্ধে প্রকৃত ধারণা জন্মে। এইভাবে জৈব রসায়নের অনুধাবন সহজসাধ্য হয়। সেইজন্য জৈব রসায়নকে অনেক সময় সমগণীয় শ্রেণীর রসায়ন বলা হয়।

প্রশ্ন : ৩৪৭। (ক) IUPAC বলিতে কি বুঝায়? (খ) এই পদ্ধতিতে জৈব যৌগের নামকরণে সুবিধা কি? (গ) বিভিন্ন শ্রেণীর জৈব যৌগের IUPAC নামকরণ কিভাবে হইয়াছে তাহা উদাহরণসহ লিখ।

উত্তর : (ক) 1957 খ্রীষ্টাব্দে আন্তর্জাতিক বিশুদ্ধ ও ফলিত রসায়ন সঙ্ঘ (International Union of Pure and Applied chemistry) জৈব রসায়নের নামকরণ

সম্বন্ধে ব্যাপকতর ও সুস্পষ্ট নির্দেশ দেন। ইহাই IUPAC পদ্ধতি নামে পরিচিত। বর্তমানে এই পদ্ধতি অনুসারে জৈব যৌগের নামকরণ পৃথিবীর সর্বত্র অনুসৃত হয়।

(খ) আণবিক গঠনের উপর ভিত্তি করিয়া IUPAC পদ্ধতিতে জৈব যৌগের নামকরণ হয়। ফলে কোন যৌগের এই প্রণালীসম্মত নাম হইতে উহার গঠন সংকেত সহজেই বাহির করা যায়।

(গ) IUPAC পদ্ধতি অনুসারে জৈব যৌগের বিভিন্ন শ্রেণীর নাম এবং অন্তর্ভুক্ত যৌগসমূহের কিরূপে নামকরণ হইয়াছে তাহা নিম্নে দেওয়া হইল :—

(১) **সংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন**—অ্যালকেন শ্রেণীর প্রথম চারিটি যৌগের প্রচলিত ও IUPAC নাম অভিন্ন। তবে IUPAC পদ্ধতিতে অন্যান্য উচ্চতর হাইড্রোকার্বনের নাম কার্বন পরমাণুর সংখ্যা অনুযায়ী হয়। এই শ্রেণীর যৌগের নামের শেষে 'এন' থাকে। যথা—মিথেন, CH_4, ইথেন $CH_3.CH_3$ ইত্যাদি।

(২) **অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন**—অ্যালকিন এবং অ্যালকাইন যৌগসমূহের নাম অনুরূপ অ্যালকেনের মত, শুধু নামের শেষে 'এন'-এর পরিবর্তে যথাক্রমে 'ইন' ও 'আইন' বসে। উপরন্তু কার্বন শৃংখলে দ্বি-বন্ধ ও ত্রি-বন্ধের অবস্থান সংখ্যা দ্বারা উল্লেখ থাকে। যথা—ইথিলিন $CH_2=CH_2$, প্রপিন, $CH_3.CH=CH_2$, 2-মিথাইল প্রপিন, $(CH_3)_2.C=CH_2$ এবং অ্যাসিটিলিন $CH\equiv CH$, প্রোপাইন $CH_3.C\equiv CH$, 2-বিউটাইন $CH_3.\ C\equiv C.\ CH_3$ ইত্যাদি।

(৩) **অ্যালকোহল**—IUPAC পদ্ধতিতে অ্যালকোহলকে অ্যালকানল বলে; অ্যালকেনের নামের শেষের 'এন' পরিবর্তিত হইয়া 'অ্যানল' হয় এবং পার্শ্ববর্তী শৃংখল ও $-OH$ মূলকের অবস্থান সংখ্যা দ্বারা উল্লেখ থাকে। যথা—মিথানল CH_3OH, ইথানল $CH_3.CH_2OH$, 1-প্রোপানল $CH_3.CH_2.CH_2OH$ ইত্যাদি

(৪) **কার্বক্সিলিক অ্যাসিড**—ইহার IUPAC নাম খুব প্রচলিত নয়; এক্ষেত্রে অ্যালকেনের নামের শেষের 'এন'-এর বদলে 'অ্যানোয়িক' হয় এবং শেষে অ্যাসিড যোগ হয়। এই পদ্ধতিতে অ্যাসিডকে অ্যালকানোয়িক অ্যাসিড বলে। যথা—মিথানোয়িক অ্যাসিড $H.COOH$, প্রোপানোয়িক অ্যাসিড $CH_3\ CH_2.COOH$, 2-মিথাইল 1-প্রোপানোয়িক অ্যাসিড $(CH_3)_2.CH.COOH$ ইত্যাদি।

(৫) **অ্যালডিহাইড**—IUPAC পদ্ধতিতে অ্যালডিহাইডকে অ্যালকানাল বলে এবং ইহার নামকরণে অ্যালকেনের নামের শেষের 'এন' পরিবর্তিত হইয়া অ্যানাল হয়। সাধারণতঃ অ্যালডিহাইড জারিত হইয়া যে অ্যাসিড উৎপন্ন করে তাহারই নামানুসারে ইহার নামকরণ হয়। যথা—মিথানাল $H.CHO$, ইথানাল $CH_3.CHO$, 2-মিথাইল 1-প্রোপানাল $(CH_3)_2.CH.\ CHO$ ইত্যাদি।

(৬) **কিটোন**—IUPAC পদ্ধতিতে কিটোনকে অ্যালকানোন বলে এবং ইহার নামকরণে অ্যালকেনের নামের শেষের 'এন'-এর বদলে 'অ্যানোন' হয়। যথা—প্রোপানোন $CH_3.CO.CH_3$ বিউটানোন $CH_3.CO.CH_2.CH_3$ ইত্যাদি।

প্রশ্ন : ৩৪৮। (ক) IUPAC পদ্ধতি কি? (খ) নিম্নলিখিত যৌগগুলির গঠন-সংকেত সহ IUPAC নামকরণ কর :—

(i) অ্যাসিটিলিন, (ii) আইসো-বিউটেন, (iii) ইথাইল অ্যালকোহল, (iv) আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল, (v) টারশিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল, (vi) ডাই-ইথাইল ইথার, (vii) অ্যাসিট্যালডিহাইড, (viii) অ্যাসিটোন, (ix) ফরমিক অ্যাসিড, (x) ক্লোরোফর্ম, (xi) ইথাইল অ্যাসিটেট, (xii) মিথাইল অ্যামিন।

উত্তর : (ক) ৩৪৭ নং প্রশ্নোত্তরের ক ও খ অংশ দেখ।

(খ)	গঠন সংকেত	IUPAC নাম
(i) অ্যাসিটিলিন	$CH \equiv CH$	ইথাইন
(ii) আইসো-বিউটেন	$(CH_3)_2.CH.CH_3$	আইসো-বিউটেন
(iii) ইথাইল অ্যালকোহল	$CH_3.CH_2OH$	ইথানল
(iv) আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল	$CH_3.CHOH.CH_3$	2-প্রোপানল
(v) টারশিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল	$(CH_3)_3.C.OH$	2-মিথাইল 2-প্রোপানল
(vi) ডাই-ইথাইল ইথার	$CH_3.CH_2\text{-}O\text{-}CH_2.CH_3$	ইথোক্সি ইথেন
(vii) অ্যাসিট্যালডিহাইড	$CH_3.CHO$	ইথানাল
(viii) অ্যাসিটোন	$CH_3.CO.CH_3$	প্রোপানোন
(ix) ফরমিক অ্যাসিড	$H.COOH$	মিথানোয়িক অ্যাসিড
(x) ক্লোরোফর্ম	$CH.Cl_3$	ট্রাই-ক্লোরো মিথেন
(xi) ইথাইল অ্যাসিটেট	$CH_3.COOC_2H_5$	ইথাইল ইথানোয়েট
(xii) মিথাইল অ্যামিন	$CH_3.NH_2$	অ্যামিনো মিথেন

প্রশ্ন : ৩৪৯। (ক) সমাবয়বতা কাহাকে বলে? (খ) গঠন-ঘটিত সমাবয়বতা কি? (গ) C_4H_{10} এবং C_4H_6O আণবিক সংকেতের প্রত্যেকটির দুইটি করিয়া সমাবয়বী যৌগের গঠন সংকেত সহ প্রচলিত ও IUPAC নাম লিখ। (ঘ) দুইটি অ্যালকোহলের আণবিক সংকেত C_3H_8O; অ্যালকোহল দুইটির গঠন সংকেত এবং IUPAC নাম কি? (ঙ) মেটামেরিজম্ কাহাকে বলে?

উত্তর : (ক) ৩৪৪ (viii) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(খ) ৩৪৪ (viii) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(গ) C_4H_{10} আণবিক সংকেতের দুইটি শৃংখল-ঘটিত সমাবয়বী হাইড্রোকার্বন যৌগ n-বিউটেন, $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ এবং আইসো-বিউটেন

$$\begin{array}{l} CH_3-CH-CH_3 \\ \qquad\;\; | \\ \qquad CH_3 \end{array}$$

আছে। উহাদের IUPAC নাম যথাক্রমে বিউটেন এবং মিথাইল প্রোপেন।

C_2H_6O আণবিক সংকেত বিশিষ্ট দুইটি শ্রেণী-ঘটিত সমাবয়বী যৌগ ইথাইল অ্যালকোহল $CH_3.CH_2OH$ এবং ডাই-মিথাইল ইথার $CH_3.O.CH_3$. উহাদের IUPAC নাম যথাক্রমে ইথানল এবং ইথোক্সি ইথেন।

(ঘ) C_3H_8O আণবিক সংকেতের অ্যালকোহল শ্রেণীর দুইটি অবস্থান-ঘটিত সমাবয়বী যৌগ n-প্রোপাইল অ্যালকোহল $CH_3.CH_2.CH_2OH$ এবং আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল $CH_3.CH(OH).CH_3$. উহাদের IUPAC নাম যথাক্রমে 1-প্রোপানল এবং 2-প্রোপানল।

(ঙ) একই শ্রেণীভুক্ত জৈব যৌগে কোন ক্রিয়াশীল পরমাণু বা মূলকের সহিত বিভিন্ন অ্যালকিল মূলক যুক্ত থাকিয়া যে সমাবয়বতার সৃষ্টি করে তাহাকে মেটামেরিজম্ বলে। ইথার শ্রেণীর যৌগে এইরূপ সমাবয়বতা দেখা যায়। $C_4H_{10}O$ আণবিক সংকেত বিশিষ্ট তিনটি ইথার যথা ডাই-ইথাইল ইথার $C_2H_5-O-C_2H_5$, মিথাইল n-প্রোপাইল ইথার $CH_3-O-C_3H_7$ এবং মিথাইল আইসো-প্রোপাইল ইথার $CH_3-O-CH(CH_3)CH_3$ যৌগে কার্যকরী মূলক —O— ভিন্ন ভিন্ন অ্যালকিল মূলকের সহিত সংযুক্ত আছে।

———

প্রশ্ন : ৩৫০। (ক) প্যারাফিন কি ? ইহাদের এইরূপ নামকরণ হইল কেন ? (খ) প্যারাফিন গোষ্ঠীর যৌগসমূহের সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) সংপৃক্ত, মুক্ত-শৃংখল হাইড্রোকার্বনকে প্যারাফিন (বা অ্যালকেন) বলে। ইহারা একটি সমগণীয় শ্রেণীভুক্ত এবং ইহাদের সাধারণ আণবিক সংকেত C_nH_{2n+2}. মিথেন, ইথেন, প্রোপেন এই শ্রেণীভুক্ত যৌগ।

রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার জন্য ইহাদের প্যারাফিন বলা হয়।

(খ) **সাধারণ প্রস্তুত পদ্ধতি**—(১) সোডা-লাইম সহযোগে ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণকে উত্তপ্ত করিলে ইহা বিযোজিত হইয়া প্যারাফিন উৎপন্ন করে।

$$R.COONa + NaOH \rightarrow R.H \text{ (প্যারাফিন)} + Na_2CO_3$$

(২) স্বাভাবিক উষ্ণতায় ইথার মাধ্যমে অ্যালকিল আয়োডাইড ও সোডিয়াম ধাতু বিক্রিয়া করিয়া প্যারাফিন গঠন করে। $2R.I + 2Na \rightarrow R.R$ (প্যারাফিন) $+ 2NaI$.

(৩) অ্যালকিল আয়োডাইডকে ইথাইল অ্যালকোহল ও জিঙ্ক-কপার যুগ্ম ধাতুর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিলে প্যারাফিন পাওয়া যায়।

$$RI + 2.H \rightarrow R.H \text{ (প্যারাফিন)} + HI$$

(৪) ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণের শীতল ও গাঢ় জলীয় দ্রবণকে প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে প্যারাফিন উৎপন্ন হয়। $2R.COONa \rightarrow R.R$ (প্যারাফিন) $+ 2CO_2 + 2Na$.

(৫) অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন অ্যালকিন ও অ্যালকাইন প্লাটিনাম বা র‍্যানি নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া তথা বিজারণের ফলে প্যারাফিনে পরিণত হয়।

$$R.CH{=}CH.R \text{ (অ্যালকিন)} + 2H \rightarrow R.CH_2 - CH_2.R \text{ (প্যারাফিন)}$$

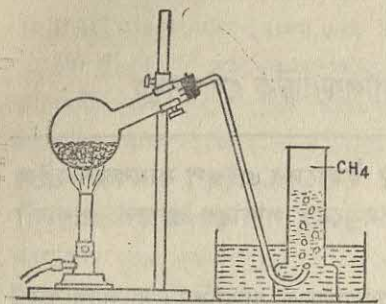
$$R.C \equiv C.R \text{ (অ্যালকাইন)} + 4H \rightarrow R.CH_2 - CH_2.R \text{ (প্যারাফিন)}$$

প্রশ্ন : ৩৫১। (ক) পরীক্ষাগারে কিভাবে মিথেন প্রস্তুত করা হয় ? ইহা কিরূপে বিশুদ্ধ করা হয় ? (খ) মিথেনের ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—পরীক্ষাগারে অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও সোডা-লাইমের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া মিথেন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3.COONa + NaOH = CH_4 + Na_2CO_3$$

শুষ্ক সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও সোডা-লাইম 1 : 3 অনুপাতে মিশাইয়া মিশ্রণটি একটি শক্ত মোটা কাচের পরীক্ষানলে বা তামার ফ্লাস্কে লইয়া উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন মিথেন গ্যাস পাত্রের বায়ুর সহিত মিশিয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়। সমস্ত বায়ু দূরীভূত হইলে নির্গত মিথেন গ্যাস জল অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র ৭০

বিশুদ্ধিকরণ—এইভাবে উৎপন্ন মিথেন গ্যাসে হাইড্রোজেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, জলীয় বাষ্প প্রভৃতি অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। ইহাকে অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ ও গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া চালিত করিয়া যথাক্রমে অ্যাসিটিলিন এবং ইথিলিন ও জলীয় বাষ্প শোষণ করা হয়। অতঃপর ইহাতে অতিরিক্ত অক্সিজেন মিশাইয়া 100°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত প্যালেডিয়ামের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন জলরূপে অপসারিত হয়। অবশিষ্ট অক্সিজেন ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে শোষণ করিয়া মিথেন গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা শুষ্ক করা হয়। অতঃপর শুষ্ক ও বিশুদ্ধ মিথেন পারদ অপসারণের সাহায্যে সংগ্রহ করা হয়।

(খ) **ভৌত ধর্ম**—মিথেন বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক হাল্‌কা, জলে প্রায় অদ্রাব্য কিন্তু অ্যালকোহল ও ইথারে দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) মিথেন দাহ্য গ্যাস। ইহা বায়ু বা অক্সিজেনে ঈষৎ নীলাভ অনুজ্জ্বল শিখায় জ্বলে এবং জারিত হইয়া CO_2 ও জল উৎপন্ন করে: $CH_4+2O_2 \rightarrow CO_2+2H_2O$. মিথেন ও বায়ুর মিশ্রণ বিস্ফোরক পদার্থ।

(ii) মিথেন সংপৃক্ত যৌগ বলিয়া খুব নিষ্ক্রিয় এবং স্থায়ী ; ইহা কোন অ্যাসিড, ক্ষার, জারক ও বিজারক দ্রব্য দ্বারা আক্রান্ত হয় না। 1200°C উষ্ণতায় মিথেন সূক্ষ্ম কার্বন-চূর্ণ ও হাইড্রোজেনে বিযোজিত হয়: $CH_4 \rightarrow C+2H_2$.

(iii) সাধারণ উষ্ণতায় অন্ধকারে মিথেনের সহিত ক্লোরিন বিক্রিয়া করে না। কিন্তু উহাদের মিশ্রণ উজ্জ্বল সূর্যালোকে রাখিলে বা উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণ সহযোগে বিক্রিয়া ঘটাইয়া HCl গ্যাস ও কার্বন-চূর্ণ উৎপন্ন করে: $CH_4+2Cl_2 \rightarrow C+4HCl$.

(iv) মিথেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে রাখিলে মিথেনের হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি একে একে ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যথাক্রমে মিথাইল ক্লোরাইড, মিথিলিন ক্লোরাইড, ক্লোরোফর্ম ও কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং প্রতিক্ষেত্রেই HCl উৎপন্ন করে। $CH_4+Cl_2 \rightarrow CH_3Cl+HCl$; $CH_3Cl+Cl_2 \rightarrow CH_2Cl_2+HCl$; $CH_2Cl_2+Cl_2 \rightarrow CHCl_3+HCl$; $CHCl_3+Cl_2 \rightarrow CCl_4+HCl$.

এই বিক্রিয়াকে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বলে। ব্রোমিনের সহিত এই বিক্রিয়া অতি ধীরে নিষ্পন্ন হয়।

(v) 750°–850°C উষ্ণতায় নিকেল চূর্ণের উপর দিয়া মিথেন ও জলীয় বাষ্পের মিশ্রণ প্রবাহিত করিলে CO ও H_2 উৎপন্ন হয় : $CH_4+H_2O \rightarrow CO+3H_2$.

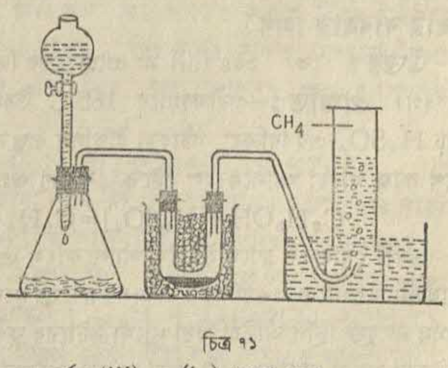
(vi) 200°C উষ্ণতায় কপারের উপস্থিতিতে মিথেন অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে; অতিরিক্ত অক্সিজেনে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়। $2CH_4+O_2 \rightarrow 2CH_3OH$; $CH_4+O_2 \rightarrow H.CHO+H_2O$.

ব্যবহার—মিথেন (১) গৃহস্থালী ও শিল্পে জ্বালানীরূপে, (২) হাইড্রোজেনের উৎস হিসাবে এবং (৩) মিথাইল ক্লোরাইড, মিথাইল অ্যালকোহল ও ফরম্যালডিহাইড উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। মিথেনের তাপ-বিযোজনের ফলে উৎপন্ন ভূসা কালি কালো রং, ছাপার কালি, টাইপ-রাইটারের ফিতা প্রভৃতিতে এবং গাড়ীর টায়ারের জন্য রবার শিল্পে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন : ৩৫২। (ক) বিশুদ্ধ মিথেন প্রস্তুতির সর্বোৎকৃষ্ট উপায় কি? ইহার বিবরণ দাও। (খ) মিথেনের সহিত (i) ক্লোরিন ও (ii) ওজোনের বিক্রিয়া লিখ। (গ) মিথেন যে কেবল কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগ উহা কিরূপে প্রমাণ করিবে?

উত্তর : (ক) মিথাইল অ্যালকোহল ও জিঙ্ক-কপার কাপল (যুগ্ম ধাতু)-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা মিথাইল আয়োডাইডকে সাধারণ উষ্ণতায় বিজারিত করিলে বিশুদ্ধ মিথেন পাওয়া যায় : $CH_3I+2H=CH_4+HI$.

একটি শঙ্কু-কূপীতে জিঙ্ক-কপার কাপল লইয়া ইহাকে অ্যালকোহল দ্বারা আবৃত করা হয়। বিন্দুপাতী ফানেল হইতে কূপীর ভিতরে সম-আয়তনের মিথাইল আয়োডাইড ও অ্যালকোহলের মিশ্রণ ধীরে ধীরে যোগ করিলে বিক্রিয়ার ফলে মিথেন উৎপন্ন হয়। ইহাকে একটি শীতক U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে মিশ্রিত উদ্বায়ী মিথাইল আয়োডাইড ঘনীভূত হইয়া পৃথক হয়। পরে ইহাকে গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা শুষ্ক করিয়া পারদ অপসারণের সাহায্যে বিশুদ্ধ মিথেন সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র ৭১

(খ) (i) ৩৫১ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের ধর্মের (iii) ও (iv) অংশ দেখ।

(ii) ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেন মিথেনকে জারিত করিয়া সরাসরি ফরম্যালডিহাইডে পরিণত করে : $CH_4+2O_3 \rightarrow H.CHO+H_2O+2O_2$.

(গ) (১) মিথেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে কালো ঝুল পাওয়া

যায়: $CH_4+2Cl_2 \rightarrow C+4HCl$. উৎপন্ন কালো পদার্থ বায়ুতে দহন করিলে যে গ্যাস নির্গত হয় তাহা স্বচ্ছ চুন-জল ঘোলাটে করে। অতএব ইহা CO_2 এবং কালো পদার্থটি কার্বন: $C+O_2=CO_2$. সুতরাং মিথেনে কার্বন আছে। (২) মিথেনকে বায়ুতে দহন করিয়া উৎপন্ন গ্যাস শীতল করিলে যে তরল পাওয়া যায় উহাতে সাদা অনার্দ্র কপার সালফেট যোগ করিলে নীলবর্ণ হয়। অতএব তরল পদার্থটি জল। জলে হাইড্রোজেন আছে। সুতরাং মিথেনে হাইড্রোজেন বর্তমান থাকে।

প্রশ্ন: ৩৫৩। (ক) কিভাবে পরীক্ষাগারে ইথেন প্রস্তুত করা যায়? (খ) ইহা কি কাজে লাগে?

উত্তর: (ক) প্রস্তুতি—(১) শুষ্ক সোডিয়াম প্রোপিয়োনেট ও সোডা-লাইমের মিশ্রণ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে ইথেন প্রস্তুত করা যায়: $C_2H_5.COONa + NaOH \rightarrow C_2H_6$ (ইথেন) $+ Na_2CO_3$. [বিবরণের জন্য ৩৫১ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের মিথেন প্রস্তুতি দেখ।]

(২) ইথাইল আয়োডাইডকে জিঙ্ক-কপার যুগ্ম ধাতু ও অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিয়া পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ ইথেন প্রস্তুত করা যায়: $C_2H_5I+2H \rightarrow C_2H_6+HI$. [বিবরণের জন্য ৩৫২ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের মিথেন প্রস্তুতি দেখ।]

(খ) **ব্যবহার**—ইথাইল ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে ইথেন ব্যবহৃত হয়। ইথেন হইতে পেট্রো-রাসায়নিক শিল্পের অন্যতম উপাদান ইথিলিন প্রস্তুত হয়।

প্রশ্ন: ৩৫৪। (ক) জৈব যৌগের অসংপৃক্তি বলিতে কি বুঝায়? (খ) পরীক্ষাগারে ইথিলিন প্রস্তুতির একটি বিবরণ দাও। ইহা কিভাবে বিশুদ্ধ করা হয়? (গ) ইথিলিনের প্রধান ধর্মগুলি উল্লেখ কর। (ঘ) ইহার ব্যবহার লিখ।

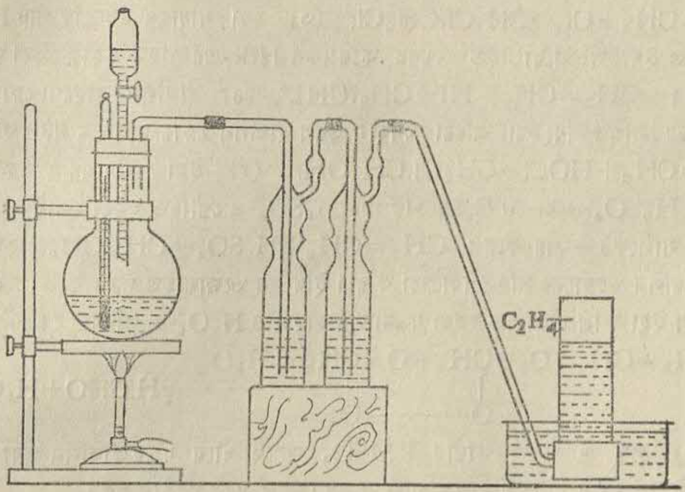
উত্তর: (ক) ৩৪৪ (iii) নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ দেখ।

(গ) **প্রস্তুতি:**—পরীক্ষাগারে 165°C উষ্ণতায় ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়া ঘটাইয়া ইথিলিন প্রস্তুত করা হয়; গাঢ় H_2SO_4 নিরুদক-রূপে কাজ করিয়া অ্যালকোহল হইতে এক অণু জল অপসারণ করে।

$$C_2H_5OH+[H_2SO_4]=C_2H_4+[H_2O+H_2SO_4]$$

একটি গোলতল ফ্লাস্কে ইথাইল অ্যালকোহল এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড 1:2 আয়তন অনুপাতে লওয়া হয়। অতঃপর ফ্লাস্কের মুখে বিন্দুপাতী ফানেল, থার্মোমিটার ও নির্গম নলযুক্ত ছিপি আঁটিয়া দিয়া থার্মোমিটারের কুণ্ডটি তরল মিশ্রণে ডুবাইয়া রাখা হয়। স্ফুটনের সময়ে যাহাতে বেশী ফেনা না হয় সেইজন্য ফ্লাস্কে কয়েকটি কাচের টুকরা দেওয়া হয়। এইবার মিশ্রণ সমেত ফ্লাস্কটি একটি বালি-গাহের উপর বসাইয়া 160° – 170°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়ার ফলে ইথিলিন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়। ইহাকে গাঢ় NaOH দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া বিক্রিয়ায়

উৎপন্ন CO, CO_2 ও SO_2 অশুদ্ধি হইতে মুক্ত করা হয় এবং পরিশেষে জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। বিক্রিয়ার গতি মন্থর হইলে বিন্দুপাতী ফানেল হইতে সম-আয়তনের অ্যালকোহল ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ ধীরে ধীরে ফেলা হয়।



চিত্র ১২

বিশুদ্ধিকরণ :—ইথিলিন গ্যাসকে ব্রোমিন-জলে শোষিত করিলে ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। ইহাকে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের সহিত ভালভাবে নাড়িয়া বিয়োজী ফানেলের সাহায্যে নীচের ভারী ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড স্তর পৃথক করা হয়। ইহাকে জলে ধুইয়া ও অনার্দ্র $CaCl_2$ দ্বারা শুষ্ক করিয়া পাতিত করিলে বিশুদ্ধ ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড পাওয়া যায়। অতঃপর ইহাকে জিঙ্ক-চূর্ণের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ ইথিলিন গ্যাস নির্গত হয় এবং ইহা পারদ অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

$$C_2H_4+Br_2=C_2H_4Br_2\ ;\ C_2H_4Br_2+Zn=C_2H_4+ZnBr_2$$

(গ) **ভৌত ধর্ম**—ইথিলিন বর্ণহীন, ঈষৎ মিষ্ট গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা প্রায় বায়ুর সমান ভারী। ইথিলিন জলে অল্প দ্রাব্য কিন্তু অ্যালকোহল ও ইথারে বেশী দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ইথিলিন দাহ্য গ্যাস। ইহা বায়ুতে উজ্জ্বল শিখায় জ্বলে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে : $C_2H_4+3O_2\rightarrow 2CO_2+2H_2O.$

(ii) ইথিলিন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে উহা লাল শিখাসহ জ্বলিয়া HCl বাষ্প ও কার্বন উৎপন্ন করে : $C_2H_4+2Cl_2\rightarrow 2C+4HCl.$

(iii) ইথিলিন অণুতে কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বি-বন্ধ থাকায় ইহা অসংপৃক্ত এবং ইহার রাসায়নিক সক্রিয়তা বেশী। ইহা H_2, হ্যালোজেন, HI, গাঢ় H_2SO_4 প্রভৃতির সহিত যুত-যৌগ গঠন করে। যেমন—(১) স্বাভাবিক উষ্ণতায় প্লাটিনাম বা প্যালেডিয়াম অথবা 250°C উষ্ণতায় নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন

ইথিলিনের সহিত যুক্ত হইয়া ইথেন উৎপন্ন করে : $CH_2=CH_2+H_2 \rightarrow CH_3.CH_3$. (২) সূর্যালোকে ক্লোরিনের সহিত ও CCl_4-এ দ্রবীভূত ব্রোমিনের সহিত ইথিলিন যুক্ত হইয়া যথাক্রমে তৈলাক্ত ইথিলিন ডাই-ক্লোরাইড ও ডাই-ব্রোমাইড গঠন করে : $CH_2=CH_2+Cl_2 \rightarrow CH_2Cl.CH_2Cl$. (৩) ইহা সাধারণ উষ্ণতায় গাঢ় HI-এর সহিত ইথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন করে কিন্তু HBr-এর সহিত ইহার ক্রিয়া খুবই মন্থর হয় : $CH_2=CH_2+HI \rightarrow CH_3.CHI$. (৪) ইথিলিন হাইপো-ক্লোরাস অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বর্ণহীন তরল ইথিলিন ক্লোর-হাইড্রিন গঠন করে : $CH_2=CH_2+HOCl \rightarrow CH_2Cl.CH_2OH$. (৫) ইহা সাধারণ উষ্ণতায় ধূমায়িত H_2SO_4-এ বা 80°C উষ্ণতায় গাঢ় H_2SO_4-এ শোষিত হইয়া ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন করে : $CH_2=CH_2+H_2SO_4 \rightarrow CH_3.CH_2.HSO_4$. (৬) ইথিলিন ওজোনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইথিলিন ওজোনাইড গঠন করে ; ঈষৎ উষ্ণ জলে ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ফরম্যালডিহাইড ও H_2O_2-এ পরিণত হয়।

$$CH_2=CH_2+O_3 \rightarrow \underset{\displaystyle |\qquad\qquad |\atop \displaystyle O\text{———}O}{CH_2-O-CH_2} \xrightarrow{H_2O} 2H.CHO+H_2O_2$$

(iv) লঘু ও শীতল ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণে ধীরে ধীরে ইথিলিন প্রবাহিত করিলে ইহা জারিত হইয়া গ্লাইকলে পরিণত হয় ; ফলে দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

$$CH_2=CH_2+H_2O+O \rightarrow CH_2OH.CH_2OH$$

(v) উচ্চ-চাপে তরলিত ইথিলিন 150° – 250°C উষ্ণতায় সামান্য অক্সিজেন বা পার-অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে উহার বহু সংখ্যক অণুর পারস্পরিক সংযোগে ইথিলিন পলিমার বা পলিথিন, $(C_2H_4)_n$, $n=700 \sim 1000$, নামক সাদা কঠিন পদার্থ উৎপন্ন করে। ইহা প্লাস্টিক জাতীয় পদার্থ এবং তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম বলিয়া 'ইনসুলেটর' প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া নিত্য প্রয়োজনীয় নানাবিধ জিনিস পলিথিন হইতে প্রস্তুত করা হয়।

(ঘ) **ব্যবহার**—কাঁচা ফল কৃত্রিম উপায়ে পাকাইতে এবং ফল সংরক্ষণে ইথিলিন ব্যবহৃত হয়। ইথিলিন হইতে ইথাইল অ্যালকোহল, পলিথিন প্লাস্টিক ও বিষাক্ত মাস্টার্ড গ্যাসের পণ্য উৎপাদন হয়। কৃত্রিম রবার, গ্লাইকল, ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। চেতনানাশক হিসাবেও ইথিলিন ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন : ৩৫৫। (ক) অ্যালকিন বা অলিফিন শ্রেণীর বৈশিষ্ট্য কি ? এই শ্রেণীর একটি পরিচিত যৌগের নাম কর। (খ) কিভাবে ইহার পণ্য উৎপাদন করা হয় ? পলিথিন কি ?

উত্তর : (ক) অ্যালকিন বা অলিফিন শ্রেণীর যৌগের অণুতে অন্ততঃ একটি $>C=C<$ দ্বি-বন্ধ থাকে। এই শ্রেণীর প্রথম ও পরিচিত যৌগ ইথিলিন, $H_2C=CH_2$.

(খ) ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্পকে 350°C উষ্ণতায় অ্যালুমিনার উপর দিয়া চালিত করিয়া অথবা উচ্চ-চাপে অ্যাসিটিলিন ও হাইড্রোজেন মিশ্রণকে 200°C উষ্ণতায়

নিকেল-চূর্ণ বা সাধারণ উষ্ণতায় প্যালেডিয়াম অনুঘটকের উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়া ইথিলিনের পণ্য উৎপাদন করা হয়। ইহা ছাড়া পেট্রোলিয়ামের ক্র্যাকিং-এর সময় ইথিলিন উপজাত দ্রব্য হিসাবে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

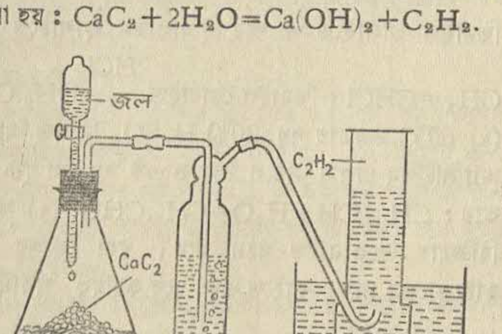
$$C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 + H_2O\ ;\ CH \equiv CH + H_2 \rightarrow CH_2 = CH_2$$

(গ) ৩৫৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের ধর্মের (v) অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ৩৫৬। (ক) অ্যাসিটিলিন কি উপায়ে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয়? ইহা কিরূপে বিশুদ্ধ করিবে? (খ) অ্যাসিটিলিনের ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—সাধারণ উষ্ণতায় ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সহিত জলের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা হয় : $CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$.

একটি শঙ্কু-কূপীতে বালির উপর কয়েক খণ্ড ক্যালসিয়াম কার্বাইড রাখিয়া বিন্দুপাতী ফানেল হইতে উহাতে ধীরে ধীরে জল যোগ করা হয়। সঙ্গে সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে অ্যাসিটিলিন গ্যাস নির্গত হয়। প্রথমে কিছু গ্যাস বাহির হইতে দিয়া জলের অপসারণ দ্বারা অ্যাসিটিলিন গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র ৭৩

এই অ্যাসিটিলিন বিশুদ্ধ নয়; ইহাতে ফসফিন, অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন সালফাইড প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। অবিশুদ্ধ গ্যাসকে অম্লীকৃত $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়া চালিত করিলে অশুদ্ধিগুলি দূরীভূত হয়। পরে ইহাকে P_2O_5 দ্বারা শুষ্ক করিয়া বিশুদ্ধ গ্যাস পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

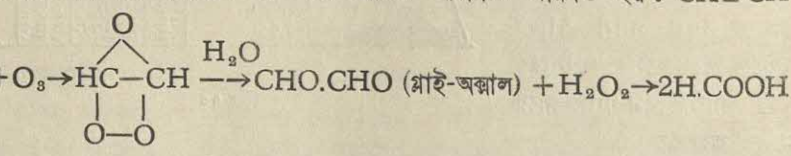
(খ) **ভৌত ধর্ম**—অ্যাসিটিলিন বর্ণহীন, মৃদু ইথার গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য হাল্কা। ইহা জলে অল্প দ্রাব্য কিন্তু অ্যাসিটোন ও অ্যালকোহলে অত্যধিক দ্রবণীয়। তরল অ্যাসিটিলিন তীব্র বিস্ফোরক পদার্থ।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) অ্যাসিটিলিন দাহ্য গ্যাস। ইহা বায়ু বা অক্সিজেনে দীপ্ত শিখায় জলে; সীমিত বায়ুতে পুড়িলে প্রচুর ভূসা কালি উৎপন্ন হয় : $2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$. অক্সিজেন মিশ্রিত অ্যাসিটিলিন শিখার উষ্ণতা 3000°C হয়।

(ii) অ্যাসিটিলিনের সহিত ক্লোরিন মিশাইলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং HCl ও কার্বন-চূর্ণ উৎপন্ন হয় : $C_2H_2 + Cl_2 = 2HCl + 2C$.

অ্যাসিটিলিন ত্রি-বন্ধ যুক্ত অসংপৃক্ত যৌগ বলিয়া খুবই ক্রিয়াশীল। ইহা যুত যৌগ, প্রতিস্থাপন যৌগ এবং পলিমার গঠন করে। যেমন—

(*iii*) **যুত-যৌগ**—(১) স্বাভাবিক উষ্ণতায় প্লাটিনাম বা প্যালেডিয়াম অথবা 150°C উষ্ণতায় নিকেল-চূর্ণের সংস্পর্শে অ্যাসিটিলিন ও হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া প্রথমে ইথিলিন ও পরে ইথেন উৎপন্ন করে : $CH \equiv CH \xrightarrow{H_2} CH_2 = CH_2 \xrightarrow{H_2} CH_3.CH_3$. (২) আলোর অনুপস্থিতিতে C_2H_2 ও Cl_2 বিক্রিয়া করিয়া প্রথমে ডাই-ক্লোরাইড ও পরে টেট্রা-ক্লোরাইড (ওয়েস্ট্রন) গঠন করে। ব্রোমিন একইভাবে ধীর গতিতে ক্রিয়া করে। $CH \equiv CH \xrightarrow{Cl_2} CHCl = CHCl \xrightarrow{Cl_2} CHCl_2.CHCl_2$. (৩) HI>HBr>HCl ক্রম অনুযায়ী ইহারা অ্যাসিটিলিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রথমে ভিনাইল হালাইডে ও পরে ইথিলিডিন হালাইডে পরিণত হয়: $CH \equiv CH \xrightarrow{HCl} CH_2 = CHCl$ (ভিনাইল ক্লোরাইড) $\xrightarrow{HCl} CH_3.CHCl_2$ (ইথিলিডিন ক্লোরাইড)। (৪) 60°C উষ্ণতায় লঘু (20%) H_2SO_4 মিশ্রিত মারকিউরিক সালফেট (1%) দ্রবণে অ্যাসিটিলিন চালনা করিলে উহাতে এক অণু জল যুক্ত হইয়া অ্যাসিট্যালডিহাইড গঠন করে : $CH \equiv CH + H_2O \rightarrow CH_3.CHO$. (৫) অ্যাসিটিলিন ও ওজোন পারস্পরিক বিক্রিয়ায় ওজোনাইড গঠন করে; ইহা জলের সহিত প্রথমে গ্লাই-অক্সাল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে এবং পরে ফরমিক অ্যাসিডে পরিণত হয় : CH≡CH



(ফরমিক অ্যাসিড)। (৬) ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণে অ্যাসিটিলিন চালনা করিলে বেগুনী দ্রবণ বর্ণহীন হয় এবং নিজে জারিত হইয়া অক্সালিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে : $CH \equiv CH + 4O \rightarrow COOH.COOH$. (অক্সালিক অ্যাসিড)।

(iv) **প্রতিস্থাপিত যৌগ**—অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত কিউপ্রাস ক্লোরাইড বা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে অ্যাসিটিলিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে যথাক্রমে লাল বর্ণের কপার অ্যাসিটিলাইড বা সাদা সিলভার অ্যাসিটিলাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় : $CuCl_2 + C_2H_2 \rightarrow Cu_2C_2 + 2HCl$.

(v) **পলিমার গঠন**—600°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলিন চালনা করিলে ইহার তিনটি অণু সংযুক্ত হইয়া বৃত্তাকার বেঞ্জিন যৌগ গঠন করে : $3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$.

ব্যবহার—(i) অ্যাসিটিলিন উজ্জ্বল আলো ও অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা (3000°C) উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। (ii) অ্যাসিট্যালডিহাইড, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, অ্যাসিটোন প্রভৃতি জৈব যৌগ প্রস্তুতিতে এবং (iii) কৃত্রিম রবার, প্লাষ্টিক, তন্তু প্রভৃতির পণ্য

উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহা ছাড়া বিভিন্ন শিল্পে ব্যবহৃত নানাবিধ দ্রাবক অ্যাসিটিলিন হইতে প্রস্তুত হয়।

প্রশ্ন : ৩৫৭। (ক) অ্যাসিটিলিনের শিল্পোৎপাদন কিরূপে হয়? (খ) ইহার প্রধান প্রয়োগ কি কি? (গ) অ্যাসিটিলিন হইতে কি উপায়ে (i) ইথেন, (ii) ফরমিক অ্যাসিড, (iii) অ্যাসিট্যালডিহাইড, (iv) বেঞ্জিন প্রস্তুত করা যায়? (ঘ) ওয়েস্ট্রন কি? ইহা কি কাজে লাগে।

উত্তর : (ক) (i) মিথেন-যুক্ত প্রাকৃতিক গ্যাসকে 1400°–1500°C উষ্ণতায় ক্ষণিক সময়ের (0·03 সেকেণ্ড) জন্য উত্তপ্ত করিয়া এবং পরে দ্রুত শীতল করিয়া অ্যাসিটিলিনের পণ্য উৎপাদন করা হয়: $2CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2$. (ii) সাধারণ উষ্ণতায় ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সহিত জলের বিক্রিয়ায়ও অ্যাসিটিলিনের শিল্পোৎপাদন হইয়া থাকে : $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$.

(খ) ৩৫৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের শেষ দেখ।

(গ) ৩৫৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের ধর্মের (iii) অংশের ১, ৫ ও ৪ এবং (v) অংশ দেখ।

(ঘ) অ্যাসিটিলিন টেট্রা-ক্লোরাইড ওয়েস্ট্রন নামে পরিচিত। ইহা অদাহ্য এবং রবার, চর্বি ও বার্ণিশের দ্রাবকরূপে ব্যবহৃত হয়। CCl_4-এ দ্রবীভূত অ্যাসিটিলিনে $FeCl_3$-এর উপস্থিতিতে ক্লোরিন চালনা করিয়া ওয়েস্ট্রনের পণ্য উৎপাদন করা হয়। $CH \equiv CH + 2Cl_2 \rightarrow CHCl_2.CHCl_2$.

প্রশ্ন : ৩৫৮। (ক) কোন গ্যাস মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন হইতে পারে। কি উপায়ে ইহাকে সনাক্ত করিবে? (খ) উহাদের মিশ্রণ হইতে প্রতিটি গ্যাস কিরূপে পৃথক করা হয়?

উত্তর : (ক) (i) গ্যাসের মধ্যে অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করা হইল। লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইলে উহা অ্যাসিটিলিন গ্যাস। কারণ ইহা অ্যামোনিয়াযুক্ত Cu_2Cl_2 দ্রবণ হইতে লাল কপার অ্যাসিটিল্যাইডের অধঃক্ষেপ ফেলে; মিথেন বা ইথিলিন কোন ক্রিয়া করে না : $Cu_2Cl_2 + C_2H_2 \rightarrow Cu_2C_2 + 2HCl$. (ii) গ্যাসের মধ্যে ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণ যোগ করা হইল। বেগুনী দ্রবণ বর্ণহীন হইলে উহা ইথিলিন গ্যাস। কারণ ইথিলিন অসংপৃক্ত যৌগ বলিয়া জারণের ফলে বর্ণহীন ইথিলিন গ্লাইকলে পরিণত হয়; মিথেন সংপৃক্ত যৌগ বলিয়া কোন ক্রিয়া করে না : $CH_2 = CH_2 + H_2O + O \rightarrow CH_2OH.CH_2OH$. (iii) উপরোক্ত দুইটি পরীক্ষায়ই কোন সাড়া না দিলে গ্যাসটি মিথেন হইবে।

(খ) **পৃথকীকরণ**—গ্যাস-মিশ্রণকে অ্যামোনিয়ায় দ্রাবিত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিলে ইহাতে শুধুমাত্র C_2H_2 শোষিত হইয়া কপার অ্যাসিটিলাইডের লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে এবং CH_4 ও C_2H_4 গ্যাস বাহির হইয়া আসে। এই গ্যাস-মিশ্রণকে ধূমায়মান H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে C_2H_4 শোষিত হইয়া ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট গঠন করে; নির্গত বিশুদ্ধ ও

শুষ্ক মিথেন গ্যাস পারদ অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। উপরোক্ত দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলেই বিশুদ্ধ ও শুষ্ক ইথিলিন গ্যাস নির্গত হয়। আবার লাল অধঃক্ষেপের সহিত লঘু HCl-এর বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন হয়; ইহাকে গলিত $CaCl_2$ দ্বারা শুষ্ক করিয়া বিশুদ্ধ অবস্থায় সংগৃহীত করা হয়।

$$Cu_2Cl_2+C_2H_2=Cu_2C_2+2HCl\ ;\ Cu_2C_2+2HCl=C_2H_2+Cu_2Cl_2$$
$$C_2H_4+H_2SO_4=C_2H_5.HSO_4\ ;\ C_2H_5.HSO_4=C_2H_4+H_2SO_4$$

প্রশ্ন : ৩৫৯। (ক) কিভাবে প্রমাণ করিবে যে (i) ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনে কার্বন আছে, (ii) মিথেন সংপৃক্ত যৌগ, (iii) ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন উভয়ই অসংপৃক্ত যৌগ। (খ) ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের গঠন ব্যাখ্যা কর। দ্বি-বন্ধ বা ত্রি-বন্ধ কার্বন বিশিষ্ট যৌগ অধিকতর সক্রিয় কেন?

উত্তর : (ক) (i) ইথিলিন বা অ্যাসিটিলিন ক্লোরিনের সহিত পৃথকভাবে মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে উভয় ক্ষেত্রেই লাল শিখাসহ জ্বলিয়া কালো ঝুল উৎপন্ন করে : $C_2H_4+2Cl_2=2C+4HCl$; $C_2H_2+Cl_2=2C+2HCl$. উৎপন্ন কালো পদার্থ বায়ুতে দহন করিলে যে গ্যাস নির্গত হয় তাহা স্বচ্ছ চুন-জল ঘোলাটে করে। অতএব ইহা CO_2 এবং কালো পদার্থটি কার্বন। সুতরাং ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনে কার্বন আছে।

(ii) মিথেন গাঢ় H_2SO_4 ও HNO_3, NaOH প্রভৃতির দ্বারা আক্রান্ত হয় না। সুতরাং ইহা খুব স্থায়ী এবং নিষ্ক্রিয়। মিথেন শুধুমাত্র প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটায়। ইহার পর—৩৫১ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (মিথেনের ধর্মের) (iv) অংশ লিখ। সুতরাং মিথেন একটি সংপৃক্ত যৌগ।

(iii) ৩৫৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের (ইথিলিনের ধর্মের) (iii) ও (v) অংশ লিখ এবং ৩৫৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (অ্যাসিটিলিনের ধর্মের) (iii) অংশ লিখ। সুতরাং ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন অসংপৃক্ত যৌগ।

(খ) ইথিলিনের অণুতে দুইটি কার্বন পরমাণু দ্বি-বন্ধ দ্বারা এবং অ্যাসিটিলিনের অণুতে দুইটি কার্বন পরমাণু ত্রি-বন্ধ দ্বারা যুক্ত থাকে। এখানে ইহাদের চতুস্তলকীয় মডেল দাও (৩৪৩ গ নং প্রশ্নোত্তর দেখ)।

স্বাভাবিক অবস্থায় কার্বন পরমাণুর যে-কোন দুইটি যোজ্যতার মধ্যবর্তী কোণের পরিমাণ 109°28′ ; কিন্তু ইথিলিনে দ্বি-বন্ধ সৃষ্টির সময় এই কোণের পরিমাণ হ্রাস পায় এবং কার্বন পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে সৃষ্ট দুইটি বন্ধনকে কাছে টানিয়া আনে। অনুরূপে অ্যাসিটিলিন অণুতে ত্রি-বন্ধ সৃষ্টির ফলে এই কোণের পরিমাণ আরও হ্রাস পায় এবং কার্বন পরমাণুদ্বয় আরও নিকটবর্তী হয়। ইথিলিনে দুইটি কার্বন ও চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু একই সমতলে অবস্থান করে কিন্তু অ্যাসিটিলিনে দুইটি কার্বন ও দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু একই রেখায় অবস্থিত।

দ্বি-বন্ধ যুক্ত ইথিলিন অণুর অবস্থা সহজ ও সুস্থিত নয়। সুযোগ পাওয়ামাত্র ইহার

দ্বি-বন্ধ খুলিয়া যায় এবং মুক্ত যোজকের সাহায্যে সংযোজন বিক্রিয়ায় সংপৃক্ত যৌগ গঠন করিয়া সুস্থিত অবস্থায় আসে। এইজন্য ইথিলিন অধিক সক্রিয়। ত্রি-বন্ধ যুক্ত অ্যাসিটিলিন অণুর অবস্থা ইথিলিনের চেয়েও বেশী অস্বাভাবিক। যুত-যৌগ সৃষ্টি করিয়া অ্যাসিটিলিন প্রথমে দ্বি-বন্ধ যুক্ত যৌগে এবং পরিশেষে সংপৃক্ত যৌগে পরিণত হইতে চায়। সেই কারণে অ্যাসিটিলিন আরও অধিক সক্রিয়।

প্রশ্ন : ৩৬০। টীকা লিখ :—(ক) **প্রতিস্থাপন ক্রিয়া ও প্রতিস্থাপিত যৌগ**; (খ) **যুত-বিক্রিয়া ও যুত যৌগ**; (গ) **ভূর্তজ (Wurtz) বিক্রিয়া**; (ঘ) **কোল্‌ব (Kolbe) বিক্রিয়া**; (ঙ) **পলিমারিজেশন ও পলিমার**; (চ) **ওজোন-বিশ্লেষ (Ozonolysis)**; (ছ) **বায়ার (Baeyer) পরীক্ষা।**

উত্তর : (ক) **প্রতিস্থাপন ক্রিয়া ও প্রতিস্থাপিত যৌগ**—যে বিক্রিয়ায় কোন যৌগের মধ্যস্থিত পরমাণু বা মূলককে অন্য কোন পরমাণু বা মূলক সরাসরি অপসারিত করিয়া নিজে সেই স্থান অধিকার করে তাহাকে প্রতিস্থাপন ক্রিয়া বলে এবং উৎপন্ন পদার্থকে প্রতিস্থাপিত যৌগ বলা হয়। ইহা সাধারণতঃ সংপৃক্ত যৌগের ক্ষেত্রে দেখা যায়। উদাহরণ স্বরূপ ৩৫১ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের মিথেন ও ক্লোরিনের বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে ক্রিয়া (iv) অংশ লিখ।

(খ) **যুত-বিক্রিয়া ও যুত যৌগ**—দ্বি-বন্ধ ও ত্রি-বন্ধ যুক্ত অসংপৃক্ত জৈব যৌগগুলি দুঃস্থিত প্রকৃতির হয়। অনুকূল অবস্থায় কার্বন পরমাণুদ্বয়ের মধ্যস্থিত দ্বি-বন্ধে বা ত্রি-বন্ধে বিভিন্ন পরমাণু বা মূলক যুক্ত হইয়া পরিশেষে সংপৃক্ত যৌগে পরিণত হয়। এই ধরনের বিক্রিয়াকে যুত-বিক্রিয়া বলে এবং উৎপন্ন পদার্থকে যুত যৌগ বলা হয়। উদাহরণ স্বরূপ ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের যুত বিক্রিয়া [৩৫৪ (গ) এবং ৩৫৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্ম] দেখ।

(গ) **ভূর্তজ বিক্রিয়া**—স্বাভাবিক উষ্ণতায় ইথার মাধ্যমে অ্যালকিল আয়োডাইড ও ধাতব সোডিয়াম বিক্রিয়া করিয়া প্যারাফিন (অ্যালকেন) উৎপন্ন করে : $2RI+2Na=R.R+2NaI$. ইহাকে ভূর্তজ বিক্রিয়া বলে। যেমন শুষ্ক ইথারে সোডিয়াম ও মিথাইল আয়োডাইড শীতল অবস্থায় মিশাইয়া পরে ঈষৎ উষ্ণ করিলে ইথেন পাওয়া যায় : $2CH_3I+2Na \rightarrow CH_3.CH_3+2NaI$.

(ঘ) **কোল্‌ব বিক্রিয়া**—ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণের শীতল ও গাঢ় জলীয় দ্রবণকে প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে প্যারাফিন (অ্যালকেন) উৎপন্ন হয় : $2R.COONa \rightarrow R.R+2CO_2+2Na$. ইহাকে কোল্‌বের বিক্রিয়া বলে। যেমন উপরোক্ত উপায়ে সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে অ্যানোডে ইথেন ও CO_2-এর মিশ্রণ উৎপন্ন হয় ; ক্যাথোডে মুক্ত সোডিয়াম জলের সহিত বিক্রিয়ায় কষ্টিক সোডা ও H_2 গঠন করে।

$$2CH_3COONa+2H_2O \rightarrow CH_3.CH_3+2CO_2+2NaOH+H_2$$

(ঙ) **পলিমারিজেশন ও পলিমার**—যে প্রক্রিয়ায় কোন সরল যৌগের দুই বা ততোধিক অণুর পারস্পরিক সংযোগে উচ্চ আণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট নূতন যৌগ গঠিত

হয় তাহাকে পলিমারিজেশন বলে এবং উৎপন্ন পদার্থকে পলিমার বলা হয়। পলিমারের শতকরা সংযুক্তি একই থাকে কিন্তু ইহার আণবিক গঠন অধিকতর জটিল হয়। ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের পলিমার যথাক্রমে পলিথিন ও বেঞ্জিন। বিবরণের জন্য যথাক্রমে ৩৫৪ (গ) ও ৩৫৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের উভয়েরই (ঘ) অংশ দেখ।

(চ) **ওজোন-বিশ্লেষ**—দ্বি-বন্ধ বা ত্রি-বন্ধ যুক্ত অ্যালকিন ও অ্যালকাইন ওজোনের সহিত বিক্রিয়ায় যুত-যৌগ ওজোনাইড গঠন করে। ইহারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড এবং অ্যালডিহাইড বা কিটোন উৎপন্ন করে। এইভাবে ওজোনাইড গঠন এবং ইহার বিযোজন এই বিক্রিয়া দুইটিকে একত্রে ওজোন-বিশ্লেষ বা ওজোনোলিসিস্ বলে। উৎপন্ন অ্যালডিহাইড বা কিটোন হইতে অজ্ঞাত অ্যালকিন বা অ্যালকাইনের গঠন নির্ণয় করা যায়। উদাহরণস্বরূপ ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের সহিত ওজোনের বিক্রিয়া লিখ [৩৫৪ (গ) এবং ৩৫৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্ম দেখ]।

(ছ) **বায়ার পরীক্ষা**—অসংপৃক্ত জৈব যৌগ লঘু ও শীতল ক্ষারীয় বেগুনী বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করে। ইহাকে বায়ার পরীক্ষা বলে। ইহা দ্বারা জৈব যৌগের অসংপৃক্ততা নির্ধারণ করা যায়। উদাহরণ স্বরূপ ইথিলিনের সহিত $KMnO_4$ দ্রবণের বিক্রিয়া লিখ [৩৫৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্ম (iv) দেখ]।

প্রশ্ন : ৩৬১। (ক) পরীক্ষাগারে কি উপায়ে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করিবে? (খ) ইহার ধর্ম ও ব্যবহার লিখ। (গ) ক্লোরোফর্ম কিভাবে সনাক্ত করা হয়?

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—পরীক্ষাগারে অ্যাসিটোন (বা জলীয় ইথাইল অ্যালকোহল) এবং বিরঞ্জক-চূর্ণ পাতিত করিয়া ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয়। বিরঞ্জক-চূর্ণ ক্লোরিন ও $Ca(OH)_2$ ক্ষার সরবরাহ করে। অ্যাসিটোন প্রথমে বিরঞ্জক-চূর্ণের ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটোন গঠন করে; ইহা পরে $(Ca(OH)_2$ ক্ষার দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ক্লোরোফর্মে পরিণত হয়।

$$CH_3.CO.CH_3 + 3Cl_2 \rightarrow CCl_3.CO.CH_3 \text{ (ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটোন)} + 3HCl$$

$$2CCl_3.CO.CH_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CHCl_3 \text{ (ক্লোরোফর্ম)} + (CH_3.COO)_2Ca$$

একটি গোলতল ফ্লাস্কে জলের সহিত বিরঞ্জক-চূর্ণের লেই প্রস্তুত করা হয়। অতঃপর ইহাতে অ্যাসিটোন (বা অ্যালকোহল) ধীরে ধীরে যোগ করিয়া নাড়িয়া বালি-গাহে উত্তপ্ত করা হয়। ফ্লাস্কের মুখে আঁটা নির্গম-নলের অপর প্রান্তে লিবিগ-শীতক জুড়িয়া ইহাকে শীতল জল প্রবাহে ঠাণ্ডা রাখা হয়। বিক্রিয়া-শেষে মিশ্রণ-টিকে অল্প উত্তাপে পাতিত করিলে জল, অ্যাসিটোন (বা অ্যালকোহল), HCl প্রভৃতির সহিত ক্লোরোফর্ম পাতিত হইয়া পাতন-পাত্রে জলের তলায়



চিত্র ৭৪

সংগৃহীত হয়। নীচের ক্লোরোফর্ম স্তরকে বিয়োজী ফানেলের সাহায্যে পৃথক করিয়া কয়েকবার লঘু NaOH দ্বারা এবং পরে জল দ্বারা ধৌত করিলে সমস্ত অশুদ্ধি দূরীভূত হয়। অতঃপর ইহাকে গলিত $CaCl_2$ দ্বারা শুষ্ক করিয়া ফুটন্ত জল-গাহে বসাইয়া পুনরায় পাতিত করিলে বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম পাওয়া যায়।

(খ) **ভৌত ধর্ম**—ক্লোরোফর্ম মিষ্ট গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, ভারী উদ্বায়ী তরল, স্ফুটনাঙ্ক 61°C. ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যালকোহল ও ইথারে সহজেই দ্রবীভূত হয়। ইহা দাহ্য নয়। ইহার বাষ্প নিশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে সংজ্ঞা লোপ পায়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) আলোর উপস্থিতিতে ক্লোরোফর্ম বায়ুর সহিত অতি ধীরে বিক্রিয়া করিয়া বিষাক্ত কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফসজিন গ্যাসে জারিত হয়: $2CHCl_3 + O_2 \rightarrow 2COCl_2 + 2HCl$.

(ii) অ্যালকোহলীয় ক্ষার দ্রবণের সহিত ক্লোরোফর্ম ফুটাইলে ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ফরমিক অ্যাসিডে পরিণত হয়: $CHCl_3 + 3NaOH \rightarrow H.COOH + 3NaCl + H_2O$.

(iii) উত্তপ্ত অবস্থায় জিঙ্ক-চূর্ণ ও জলের বিক্রিয়ায় উদ্ভূত জায়মান হাইড্রোজেন ক্লোরোফর্মকে মিথেনে বিজারিত করে; কিন্তু জিঙ্ক ও অ্যালকোহলীয় HCl দ্রবণ দ্বারা ক্লোরোফর্ম মিথিলিন ক্লোরাইডে বিজারিত হয়: $CHCl_3 + 6H \rightarrow CH_4 + 3HCl$; $3HCl_3 + 2H \rightarrow CH_2Cl_2$ (মিথিলিন ক্লোরাইড) $+ HCl$.

(iv) সামান্য অ্যানিলিন ও অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস সহযোগে ক্লোরোফর্ম ঈষৎ উষ্ণ করিলে তীব্র উৎকট গন্ধযুক্ত বিষাক্ত ফিনাইল আইসো-সায়ানাইড বা কার্বাইল অ্যামিন গ্যাস উৎপন্ন হয়: $CHCl_3 + C_6H_5.NH_2$ (অ্যানিলিন) $+ 3KOH \rightarrow C_6H_5.NC$ (ফিনাইল আইসো সায়ানাইড) $+ 3KCl + 3H_2O$. ইহাকে কার্বাইল অ্যামিন বিক্রিয়া বলে।

ব্যবহার—ক্লোরোফর্ম (i) অস্ত্রোপচারে চেতনানাশক হিসাবে, (ii) চর্বি, তেল, মোম, রেজিন প্রভৃতি জৈব পদার্থের দ্রাবকরূপে, (iii) শৈত্যরূপে এবং (iv) উদ্ভিজ্জ ও প্রাণিজ দ্রব্যের জলীয় দ্রবণ সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয়।

(গ) **সনাক্তকরণ**—(i) একটি পরীক্ষানলে কয়েক ফোঁটা ক্লোরোফর্ম, দুই ফোঁটা অ্যানিলিন ও কয়েক ফোঁটা অ্যালকোহলীয় KOH দ্রবণ মিশাইয়া ঈষৎ উষ্ণ করিলে কার্বাইল অ্যামিনের অতি তীব্র উৎকট গন্ধ পাওয়া যায়। $C_6H_5 NH_2 + CHCl_3 + 3KOH \rightarrow C_6H_5.NC + 3KCl + 3H_2O$. (ii) কস্টিক সোডা দ্রবণে অল্প রেসোরসিনল দ্রবীভূত করিয়া উহাতে অল্প ক্লোরোফর্ম ঢালিয়া ঈষৎ উষ্ণ করিলে জলীয় স্তর লালবর্ণ হয়।

প্রশ্ন: ৩৬২। (ক) বিরঞ্জক-চূর্ণের সহিত যে দুইটি যৌগ বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন করে উহাদের নাম কি? (খ) উহাদের যে কোন একটি হইতে আরম্ভ করিয়া কি উপায়ে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয়? (গ) ক্লোরোফর্ম কিভাবে (i) বায়ু, (ii) কস্টিক সোডা ও (iii)

অ্যানিলিনের সহিত বিক্রিয়া করে? (ঘ) চেতনানাশক হিসাবে ব্যবহারের জন্য কিভাবে ক্লোরোফর্ম রাখা হয় এবং কেন?

উত্তর : (ক) ইথাইল অ্যালকোহল এবং অ্যাসিটোন বিরঞ্জক-চূর্ণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন করে।

(খ) **প্রস্তুতি**—(i) **ইথাইল অ্যালকোহল** এবং (ii) **অ্যাসিটোন হইতে**—৩৬১ (ক)নং প্রশ্নোত্তর দেখ। অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে প্রথমে লিখ—প্রথম ধাপে ইথাইল অ্যালকোহল বিরঞ্জক-চূর্ণের ক্লোরিন দ্বারা অ্যাসিট্যালডিহাইডে জারিত হয় এবং পরে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিট্যালডিহাইড বা ক্লোরালে পরিণত হয়; ইহা দ্বিতীয় ধাপে $Ca(OH)_2$ ক্ষার দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন করে : $CH_3.CH_2OH+Cl_2 \rightarrow CH_3.CHO$ (অ্যাসিট্যালডিহাইড) $+2HCl$; $CH_3.CHO +3Cl_2 \rightarrow CCl_3.CHO$ (ক্লোরাল) $+3HCl$; $2CCl_3.CHO+Ca(OH)_2 \rightarrow 2CHCl_3$ (ক্লোরোফর্ম) $+(H.COO)_2Ca$. ইহার পর প্রস্তুত পদ্ধতি লিখ।

(গ) ৩৬১ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (i), (ii) ও (iv) অংশ দেখ।

(ঘ) ক্লোরোফর্ম আলোর উপস্থিতিতে বায়ু দ্বারা জারিত হইয়া বিষাক্ত ফসজিন গ্যাস ও HCl উৎপন্ন করে : $2CHCl_3+O_2 \rightarrow 2COCl_2+2HCl$. সেইজন্য অস্ত্রোপচারের জন্য ব্যবহৃত ক্লোরোফর্মে আলো ও বায়ুর প্রবেশ পথ বন্ধ করিতে উহাকে সর্বদা গাঢ় রং-এর বোতলে ভর্তি করিয়া বায়ু-নিরুদ্ধ অবস্থায় রাখা হয়।

প্রশ্ন : ৩৬৩। (ক) আয়োডোফর্মের পরীক্ষাগার প্রস্তুত-পদ্ধতি বর্ণনা কর। (খ) ইহার ব্যবহার লিখ। (গ) (i) কার্বাইল অ্যামিন বিক্রিয়া ও (ii) হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া কি?

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—পরীক্ষাগারে ক্ষার বা ক্ষারীয় কার্বনেট দ্রবণে ইথাইল অ্যালকোহল (বা অ্যাসিটোন)-এর সহিত আয়োডিনের বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম প্রস্তুত করা হয় : $CH_3.CH_2OH+I_2 \rightarrow CH_3.CHO$ (অ্যাসিট্যালডিহাইড) $+2HI$; $CH_3.CHO+3I_2 \rightarrow CI_3.CHO$ (ট্রাই-আয়োডো অ্যাসিট্যালডিহাইড) $+3HI$; $CI_3.CHO+NaOH \rightarrow CHI_3$ (আয়োডোফর্ম) $+H.COONa$.

অর্থাৎ মোট বিক্রিয়া :

$$C_2H_5OH+4I_2+6NaOH \rightarrow CHI_3+H.COONa+5NaI+5H_2O.$$

একটি বিকারে ইথাইল অ্যালকোহল ও আয়োডিন লইয়া উহাতে পরিমাণমত 10% NaOH দ্রবণ ধীরে ধীরে যোগ করিয়া মিশ্রণটি অনবরত কাচদণ্ড দ্বারা নাড়া হয়। আয়োডিনের বর্ণ সম্পূর্ণ অদৃশ্য হইলে বিকারটি জল-গাহে 60°-70°C উষ্ণতায় কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে হলুদ বর্ণের আয়োডোফর্মের কেলাস পৃথক হয়। ইহাকে ছাঁকিয়া জল দ্বারা ধৌত করা হয়। পরে ইহাকে শোধিত অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করিয়া পুনরায় কেলাসিত করিলে বিশুদ্ধ আয়োডোফর্ম পাওয়া যায়।

(খ) **ব্যবহার**—আয়োডোফর্ম (i) জীবাণুনাশকরূপে এবং (ii) ক্ষতের পচন ক্রিয়া রোধের জন্য জীবাণুবারকরূপে ক্ষতস্থানে ব্যবহৃত হয়।

(গ) (i) **কার্বাইল অ্যামিন বিক্রিয়া**—৩৬১ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (iv) অংশ দেখ। পরে লিখ—সমস্ত প্রাইমারী অ্যামিন এই বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে ক্লোরোফর্ম বা প্রাইমারী অ্যামিন সনাক্ত করা হয়।

(ii) **হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া**—ইথাইল অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোনের সহিত ক্ষারীয় মাধ্যমে হ্যালোজেনের বিক্রিয়া ঘটাইয়া একই পদ্ধতিতে ক্লোরোফর্ম, ব্রোমোফর্ম ও আয়োডোফর্ম প্রস্তুত করা যায়। সাধারণভাবে ইহাকে হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া বলে। এই বিক্রিয়ায় প্রথমে হ্যালোজেন ক্ষারের সহিত হাইপো-হ্যালাইট গঠন করে: $2NaOH + X_2 = NaX + NaOX + H_2O$, X=হ্যালোজেন। এই হাইপো-হ্যালাইট যুগপৎ জারণ ও হ্যালোজেন বিক্রিয়া ঘটাইয়া হ্যালোফর্ম উৎপন্ন করে।

$$CH_3.CH_2.OH + NaOX = CH_3.CHO + NaX + H_2O$$

$$CH_3.CHO + 3NaOH = CX_3\ CHO + 3NaOH$$

$$CX_3.CHO + NaOH = CHX_3 + H.COONa$$

প্রশ্ন: ৩৬৪। (ক) অ্যালকোহল কাহাকে বলে? (খ) উহাদের শ্রেণীবিভাগ উদাহরণসহ উল্লেখ কর।

উত্তর: (ক) প্যারাফিন অণুর একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ক্রিয়াশীল $-OH$ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে অ্যালিফ্যাটিক অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। ইহাদের সাধারণ আণবিক সংকেত $C_nH_{2n+1}OH$

(খ) অ্যালকোহল অণুতে এক, দুই, তিন বা তাহার অধিক $-OH$ মূলক থাকিলে উহাদিগকে যথাক্রমে মনো-, ডাই-, ট্রাই- বা পলি-হাইড্রিক অ্যালকোহল বলা হয়। যেমন মিথাইল অ্যালকোহল CH_3OH, মনো-হাইড্রিক; ইথিলিন গ্লাইকল $CH_2OH.CH_2OH$, ডাই-হাইড্রিক; গ্লিসেরল $CH_2OH.CHOH.CH_2OH$, ট্রাই-হাইড্রিক। আবার মনো-হাইড্রিক অ্যালকোহল তিন শ্রেণীতে বিভক্ত; যথা—প্রাইমারী, সেকেণ্ডারী এবং টারশিয়ারী। হাইড্রক্সিল গ্রুপ-সম্বলিত কার্বন পরমাণুটি অপর 1-টি, 2-টি বা 3-টি কার্বন পরমাণুর সহিত সরাসরি যুক্ত থাকিলে ইহাদের যথাক্রমে প্রাইমারী, সেকেণ্ডারী ও টারশিয়ারী অ্যালকোহল বলে; অর্থাৎ উহাদের অণুতে যথাক্রমে $-CH_2OH$, $-CHOH-$ এবং $>C.OH-$ গ্রুপ বর্তমান থাকে। যেমন ইথাইল অ্যালকোহল, $CH_3.CH_2OH$ প্রাইমারী; আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল, $CH_3.CH(OH).CH_3$ সেকেণ্ডারী এবং $(CH_3)_3C-OH$ টারশিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল।

প্রশ্ন: ৩৬৫। (ক) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড কি? (খ) ইহা হইতে (i) মিথাইল অ্যালকোহল ও (ii) অ্যাসিটোন কিরূপে বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা হয়? (গ) মিথাইল অ্যালকোহলের ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর।

উত্তর: (ক) প্রায় 350°C উষ্ণতায় কাঠের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে অন্যান্য পদার্থের সহিত আলকাতরা ও উহার উপর বাদামী বর্ণের একটি জলীয় স্তর পাওয়া যায়। এই বাদামী বর্ণের তরলকে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড বলে। ইহা কতকগুলি

জৈব যৌগের মিশ্রণ। ইহাতে প্রধানতঃ 8–10% অ্যাসেটিক অ্যাসিড, 2–4% মিথাইল অ্যালকোহল, 0·1–0·5% অ্যাসিটোন এবং জল ইত্যাদি থাকে। ইহা হইতে মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড উদ্ধার করা হয়।

(খ) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডকে একটি তামার পাত্রে লইয়া ফুটাইলে মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড বাষ্পাকারে নির্গত হয়। উত্থিত বাষ্পকে চুন-গোলার ভিতর দিয়া প্রবাহিত করাইলে অ্যাসেটিক অ্যাসিড চুনের সহিত বিক্রিয়ায় অনুদ্বায়ী ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটে রূপান্তরিত হয় এবং উদ্বায়ী মিথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন কিছু জলসহ বাষ্পাকারে বাহির হইয়া আসে। এই গ্যাস মিশ্রণকে শীতল করিলে তরলে পরিণত হয়। ইহাতে চুন মিশাইয়া জল শোষিত করিয়া আংশিক পাতিত করিলে প্রথমে 56·5°C উষ্ণতায় অ্যাসিটোন এবং পরে 64·5°C উষ্ণতায় মিথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

মিথাইল অ্যালকোহলের বিশুদ্ধিকরণ—এইভাবে প্রাপ্ত মিথাইল অ্যালকোহল 70% বিশুদ্ধ; ইহাতে অ্যাসিটোন ও জল মিশ্রিত থাকে। ইহাকে পোড়া-চুন সহযোগে 24 ঘণ্টা রাখিয়া পরে আংশিক পাতিত করিলে 98% বিশুদ্ধ মিথানল পাওয়া যায়। ইহাতে সামান্য জল এবং 1–2% অ্যাসিটোন থাকে। ইহার সহিত অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশাইলে $CaCl_2.4CH_3OH$ কেলাস পৃথক হয় এবং অ্যাসিটোন অবিকৃত থাকিয়া যায়। কেলাসগুলি পৃথক করিয়া এবং চাপ প্রয়োগে অ্যাসিটোন হইতে মুক্ত করিয়া পাতিত করিলে বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

অ্যাসিটোনের বিশুদ্ধিকরণ—আংশিক পাতনের ফলে 56·5°C উষ্ণতায় সংগৃহীত অ্যাসিটোনকে অনার্দ্র $CaCl_2$ দ্বারা শুষ্ক করা হয়। পরে ইহাকে পুনঃ পাতিত করিলে বিশুদ্ধ অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।

(গ) **ব্যবহার**—মিথাইল অ্যালকোহল (১) ফরম্যালডিহাইড উৎপাদনে, (২) রং ও সুগন্ধি শিল্পে, (৩) লাক্ষা ও রেজিনের দ্রাবকরূপে, (৪) বার্নিশ প্রস্তুতিতে, (৫) পেট্রলের সহিত সংমিশ্রণে পাওয়ার অ্যালকোহল হিসাবে, এবং (৬) কৃত্রিম তন্তু উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। ইহা মেথিলেটেড স্পিরিট প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন : ৩৬৬। (ক) মিথানলের পণ্য উৎপাদন কিভাবে হয়। অথবা, **জল-গ্যাসকে কি অবস্থায় মিথাইল অ্যালকোহলে পরিণত করা যায়? (খ) মিথানল জারিত করিলে কি হয়? (গ) কিরূপে মিথাইল অ্যালকোহল সনাক্ত করিবে?**

উত্তর : (ক) পৃথিবীর প্রয়োজনের প্রায় 90 ভাগ মিথানল জল-গ্যাস হইতে সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে উৎপাদন করা হয়। জল-গ্যাসের সহিত অর্ধ-আয়তন হাইড্রোজেন মিশাইয়া CO ও H_2-এর আয়তন 1 : 2 করা হয়। 200 বায়ু চাপে ও 300°C উষ্ণতায় এই মিশ্রণকে অনুঘটক জিঙ্ক অক্সাইড ও ক্রোমিয়াম অক্সাইডের মিশ্রণের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্প উৎপন্ন হয়; ইহাকে 20°C উষ্ণতায়

শীতল করিয়া তরলিত করা হয়। এই মিথানল 99% বিশুদ্ধ; ইহাতে সামান্য উর্ধ্বতন অ্যালকোহল মিশ্রিত থাকে। এই প্রক্রিয়ায় প্রায় 60% গ্যাস-মিশ্রণ মিথানলে পরিণত হয়; অবিকৃত মিশ্রণ পুনরায় ব্যবহার করা হয়।

$$(CO+H_2)\ (\text{জল-গ্যাস})+H_2 \rightarrow CH_3OH$$

(খ) মিথানলকে জারিত করিলে প্রথমে ফরম্যালডিহাইড, পরে ফরমিক অ্যাসিড এবং পরিশেষে CO_2 ও জলে পরিণত হয়। সাধারণতঃ আম্লিক $K_2Cr_2O_7$ বা $KMnO_4$ দ্রবণ অল্প উষ্ণতায় মিথানলকে ফরম্যালডিহাইডে জারিত করে; জারণ দীর্ঘস্থায়ী হইলে ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। বায়ু-মিশ্রিত মিথানল বাষ্পকে 250° – 300°C উষ্ণতায় কপার অনুঘটকের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

$$CH_3OH \xrightarrow{O} H.CHO \xrightarrow{O} H\,COOH \xrightarrow{O} CO_2+H_2O$$

(গ) **সনাক্তকরণ**—(১) লোহিত-তপ্ত কপার কুণ্ডলী মিথাইল অ্যালকোহলে ডুবাইলে ফরম্যালডিহাইডের বিশিষ্ট ঝাঁঝাল গন্ধ পাওয়া যায়। (২) স্যালিসাইলিক অ্যাসিড ও গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত মিথানল গরম করিয়া জলে ঢালিলে মিথাইল স্যালিসাইলেট এস্টারের সুমধুর গন্ধ পাওয়া যায়। (৩) $K_2Cr_2O_7$ ও নাতি-গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে মিথানল উত্তপ্ত করিলে ইহা ফরমিক অ্যাসিডে জারিত হয়; ইহাতে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে ধূসর বর্ণের সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়। (৪) মিথাইল অ্যালকোহল ক্ষারীয় দ্রবণে আয়োডিনের সহিত গরম করিলে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে না।

প্রশ্ন : ৩৬৭। (ক) দ্রাক্ষা-শর্করা (গ্লুকোজ) বা ইক্ষু-শর্করা (চিনি) হইতে কিভাবে শোধিত অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়? (খ) ইহার প্রধান ধর্মগুলি লিখ। (গ) ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর। (ঘ) মেথিলেটেড স্পিরিট কি?

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—উৎসেচক ঈষ্ট সহযোগে দ্রাক্ষা-শর্করা বা ইক্ষু-শর্করার সন্ধান প্রক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়।

(১) স্বাভাবিক উষ্ণতায় দাক্ষা-শর্করার লঘু জলীয় দ্রবণে ঈষ্ট মিশাইয়া রাখিয়া দিলে কিছুক্ষণ পর দ্রবণে প্রচুর ফেনা জমে; উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিলেও দ্রবণ স্ফুটনের মত মনে হয় এবং উহা হইতে CO_2 নির্গত হইতে থাকে। ঈষ্টের অভ্যন্তরস্থ জাইমেস নামক উৎসেচক প্রায় 95% দ্রাক্ষা-শর্করাকে বিযোজিত করিয়া ইথাইল অ্যালকোহল ও CO_2-এ পরিণত করে : $C_5H_{12}O_6$ (দ্রাক্ষা-শর্করা) $\rightarrow 2C_2H_5OH+2CO_2$. 24 ঘণ্টা বিক্রিয়ার পর দ্রবণে 10-20% ইথাইল অ্যালকোহল থাকে। এই লঘু দ্রবণকে ছাঁকিয়া কফির পাত্রে লইয়া আংশিক পাতন করিলে 95·6% অ্যালকোহল দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাকে শোধিত অ্যালকোহল (rectified spirit) বলে।

(২) ইক্ষু-শর্করা বা সুক্রোজের (চিনি) লঘু জলীয় দ্রবণে ঈষ্ট মিশান হয়। ইহার

ফলে সন্ধান ক্রিয়া আরম্ভ হয়। প্রথমে ঈষ্টের মধ্যস্থিত ইনভারটেস নামক উৎসেচক ইক্ষু শর্করাকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিয়া দ্রাক্ষা-শর্করা (গ্লুকোজ) ও ফল শর্করা (ফ্রুক্টোজ)-তে পরিণত করে: $C_{12}H_{22}O_{11}$ (ইক্ষু শর্করা) $+H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6$ (দ্রাক্ষা-শর্করা) $+C_6H_{12}O_6$ (ফল-শর্করা)। পরে জাইমেস নামক উৎসেচক দ্রাক্ষা-শর্করা ও ফল-শর্করাকে ইথাইল অ্যালকোহল ও CO_2-এ বিযোজিত করে: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH+2CO_2$. দ্রবণের উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিলেও CO_2 নির্গত হইবার ফলে দ্রবণ ফুটিতেছে মনে হয়। মাঝে মাঝে দ্রবণের মধ্যে বায়ু চালিত করিয়া ঈষ্টকে সজীব ও সক্রিয় রাখা হয়। 2-3 দিন পরে দ্রবণে অ্যালকোহলের পরিমাণ প্রায় 15% হইলে ঈষ্ট মরিয়া যায়; ফলে সন্ধান ক্রিয়া বন্ধ হয়। অতঃপর এই লঘু দ্রবণ হইতে পূর্ব-বর্ণিত উপায়ে শোধিত অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়।

(খ) **ভৌত ধর্ম**—ইথাইল অ্যাকোহল বর্ণহীন, উদ্বায়ী, মিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল, স্ফুটনাঙ্ক 78·3°C. ইহার ঝাঁঝাল গন্ধ ও উগ্র স্বাদ আছে। ইহা প্রশম ও জলের চেয়ে হাল্কা, ঘনত্ব 0·789 এবং জলের সহিত সব অনুপাতে মিশে। অল্প মাত্রায় শরীরের পক্ষে ইহা বলকারক ও উদ্দীপক পদার্থ কিন্তু মাত্রাধিক্যে সংজ্ঞা লোপ পায়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ইথাইল অ্যালকোহল দাহ্য পদার্থ; বায়ুতে অনুজ্জ্বল শিখায় জ্বলিয়া ইহা CO_2 ও জল গঠন করে: $C_2H_5OH+3O_2 \rightarrow 2CO_2+3H_2O$.

(ii) ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়া উহার হাইড্রক্সিল, $-OH$ মূলকের বিক্রিয়া বুঝায়। যেমন—(১) তীব্র ধনাত্মক-তড়িৎধর্মী সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের সহিত ইহা স্বাভাবিক উষ্ণতায় ইথোক্সাইডের সাদা উদ্‌গ্রাহী স্ফটিক গঠন করে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। $2C_2H_5OH+2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa+H_2$. (২) PCl_5 এবং PCl_3 ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়ায় ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে; প্রথম ক্ষেত্রে HCl সৃষ্ট হয়। $C_2H_5OH+PCl_5 \rightarrow C_2H_5Cl+HCl+POCl_3$. কিন্তু লাল ফসফরাস এবং ব্রোমিন বা আয়োডিন ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত যথাক্রমে ব্রোমাইড বা আয়োডাইড উৎপন্ন করে। $2P+3Br_2=2PBr_3$; $3C_2H_5OH+PBr_3=3C_2H_5Br+H_3PO_3$. (৩) গাঢ় H_2SO_4, অনার্দ্র $ZnCl_2$ প্রভৃতি নিরুদকের উপস্থিতিতে ইথাইল অ্যালকোহল জৈব ও অজৈব অ্যাসিডের সহিত এস্টার ও জল গঠন করে; জল নিরুদক পদার্থ দ্বারা শোষিত হয়: $C_2H_5OH+HCl=C_2H_5Cl+H_2O$; $C_2H_5OH+CH_3COOH=CH_3.COOC_2H_5+H_2O$. গাঢ় H_2SO_4 ও $K_2Cr_2O_7$ সহযোগে ইথাইল অ্যালকোহল উত্তপ্ত করিলে ইহা জারিত হইয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়; জারণ দীর্ঘস্থায়ী হইলে অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $CH_3.CH_2OH \xrightarrow{O} CH_3.CHO \xrightarrow{O} CH_3.COOH$.

(iii) বিভিন্ন অবস্থায় ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় H_2SO_4 পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া ভিন্ন ভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন করে। যথা—(১) সমান আণবিক অনুপাতে ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণকে 100°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ইথাইল হাইড্রোজেন

সালফেট গঠিত হয়: $C_2H_5OH+H_2SO_4=C_2H_5.HSO_4+H_2O$. (২) ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত গাঢ় H_2SO_4 অ্যাসিড 130°-140°C উষ্ণতায় ডাই-ইথাইল ইথার উৎপন্ন করে। $2C_2H_5OH+[H_2SO_4]=C_2H_5.O.C_2H_5+[H_2O+H_2SO_4]$. (৩) গাঢ় অ্যাসিডের পরিমাণ অধিক হইলে 165°-170°C উষ্ণতায় ইথাইল অ্যালকোহল হইতে ইথিলিন পাওয়া যায়। $C_2H_5OH+[H_2SO_4]=C_2H_4+[H_2O+H_2SO_4]$.

(iv) ইথাইল অ্যালকোহলের ভিতর ক্লোরিন চালনা করিলে প্রথমে উহা জারিত হইয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়; অধিক পরিমাণ ক্লোরিনের সহিত উহা ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটালডিহাইড বা ক্লোরাল গঠন করে। $C_2H_5OH+Cl_2=CH.CHO+2HCl$; $CH_3.CHO+3Cl_2=CCl_3.CHO+3HCl$.

(v) ইথাইল অ্যালকোহল বিরঞ্জক-চূর্ণের সহিত ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন করে; কিন্তু ক্ষারীয় মাধ্যমে আয়োডিনের সহিত ইহা মিশাইয়া ঈষৎ উষ্ণ করিলে হলুদ বর্ণের বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্ম পাওয়া যায়।

$$C_2H_5OH \xrightarrow{Cl_2} CH_3.CHO \xrightarrow{Cl_2} CCl_3\ CHO \xrightarrow{Ca(OH)_2} CHCl_3$$

$$C_2H_5OH+4I_2+6NaOH=CHI_3+H.COONa+5NaI+5H_2O$$

(গ) **ব্যবহার**—ইথাইল অ্যালকোহল (১) ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম, ইথার, অ্যাসিট্যালডিহাইড, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, ক্লোরাল, মেথিলেটেড স্পিরিট প্রভৃতি প্রস্তুত-করণে; (২) রঞ্জন ও রেয়ন শিল্পে; (৩) বলকারী ঔষধ ও সুগন্ধিযুক্ত ইথাইল এস্টার প্রস্তুতিতে; (৪) বীজবারক হিসাবে; (৫) বিয়ার, হুইস্কি ইত্যাদি পানীয়রূপে; (৬) গাম ও রেজিনের দ্রাবক হিসাবে এবং (৭) টিনচার প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। গ্যাসোলিনের সহিত ইহা মিশাইয়া জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(ঘ) **মেথিলেটেড স্পিরিট**—শোধিত অ্যালকোহলের সহিত বিষাক্ত মিথাইল অ্যালকোহল (10%) এবং দুর্গন্ধযুক্ত পিরিডিন (0.5%), ন্যাপথা প্রভৃতি সামান্য পরিমাণে মিশাইলে ইহা পানীয়রূপে ব্যবহার করা চলে না। এই পানের অযোগ্য অ্যালকোহল মিশ্রণকে মেথিলেটেড স্পিরিট বলে। ইহা আবগারী শুল্কমুক্ত। বার্নিশ ও রং প্রস্তুতিতে, জৈব পদার্থের দ্রাবকরূপে, স্পিরিট বাতি ও স্টোভের জ্বালানী হিসাবে এবং গৃহস্থালীর কাজে ইহা ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন: ৩৬৮। (ক) সন্ধান প্রক্রিয়া বলিতে কি বুঝায়? উৎসেচক (এনজাইম) কি? (খ) সন্ধান প্রক্রিয়ায় কিভাবে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়? (গ) শোধিত অ্যালকোহল হইতে কিরূপে নির্জল অ্যালকোহল পাওয়া যায়। (ঘ) কিভাবে ইথাইল অ্যালকোহল সনাক্ত করিবে?

উত্তর: (ক) উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহের জীব কোষে অবস্থিত বিভিন্ন ধরণের নাইট্রোজেন-ঘটিত জটিল জৈব পদার্থ অনুঘটকরূপে থাকিয়া কোন কোন জটিল জৈব

যৌগের বিযোজন ঘটায় এবং উহাকে সরল যৌগে পরিণত করিয়া CO_2 নির্গত করে। এইরূপ জৈব অনুঘটককে উৎসেচক (বা এনজাইম) বলে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সন্ধান প্রক্রিয়া বলে। উৎসেচক নিষ্প্রাণ ; ইহারা অল্প উষ্ণতায় ও লঘু অ্যাসিড মাধ্যমে সক্রিয় হয়। ইহাদের অনুঘটন ক্ষমতা নির্দিষ্ট ; বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ভিন্ন ভিন্ন নির্দিষ্ট উৎসেচক ব্যবহৃত হইয়া থাকে। এককোষী উদ্ভিজ্জ পদার্থ ঈস্টে জাইমেস, ইনভারটেস এবং মলটেস উৎসেচক বিদ্যমান। ইনভারটেস অনুঘটিত ক্রিয়ায় ইক্ষু-শর্করাকে আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্বারা গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজে বিযোজিত করে কিন্তু মলটেস আর্দ্র-বিশ্লেষণে মল্ট-শর্করাকে শুধুমাত্র গ্লুকোজে পরিণত করে। আবার জাইমেসের উপস্থিতিতে গ্লুকোজ ইথাইল অ্যালকোহল ও CO_2-এ বিযোজিত হয়।

(খ) ৩৬৭ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(গ) শোধিত অ্যালকোহল পোড়া-চুন সহযোগে 24 ঘণ্টা রাখিয়া পরে পাতিত করিলে 99.5% ইথাইল অ্যালকোহল দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাতে সামান্য জল (0.3%) থাকে। ইহাকেই সাধারণভাবে নির্জল অ্যালকোহল (absolute alcohol) বলে। ইহাকে ধাতব ক্যালসিয়ামের সহিত কিছুক্ষণ রাখিয়া পুনঃ পাতিত করিলে শেষ জলটুকু দূরীভূত হয় এবং নির্জল অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

অধুনা শিল্পক্ষেত্রে শোধিত অ্যালকোহলকে পরিমাণমত বেঞ্জিনের সহিত পাতিত করিয়া নির্জল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়। প্রথমে 64.8°C উষ্ণতায় বেঞ্জিন, অ্যালকোহল ও জলের মিশ্রণ এবং পরে 68.2°C উষ্ণতায় বেঞ্জিন ও অ্যালকোহলের মিশ্রণ বাষ্পাকারে নির্গত হয়। পরিশেষে 78.4°C উষ্ণতায় সম্পূর্ণ অনার্দ্র বিশুদ্ধ অ্যালকোহল পাতিত হইয়া আসে।

(ঘ) **সনাক্তকরণ**—(১) আয়োডিন ও লঘু ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে ইথাইল অ্যালকোহল মিশাইয়া ঈষৎ উষ্ণ করিয়া ঠাণ্ডা করিলে বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত হলুদ বর্ণের আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়। (২) অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট, গাঢ় H_2SO_4 ও ইথাইল অ্যালকোহল একত্রে গরম করিলে ইথাইল অ্যাসিটেটের মনোরম গন্ধ পাওয়া যায়। (৩) অম্লীকৃত $K_2Cr_2O_7$-এর সহিত ইথাইল অ্যালকোহল মিশাইয়া পাতিত করিলে ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত তরল অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় ; ইহাতে অ্যামোনিয়াযুক্ত $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে সূক্ষ্ম সাদা ধাতব সিলভার কাচপাত্রের গায়ে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

প্রশ্ন : ৩৬৯। (ক) ইথাইল অ্যালকোহলের পণ্য উৎপাদন বর্ণনা কর। (খ) ইথানলকে জারিত করিলে কি হয়? (গ) ইথাইল অ্যালকোহলে একটি $-OH$ মূলকের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করিবে? (ঘ) মিথাইল ও ইথাইল অ্যালকোহলের মধ্যে পার্থক্যসূচক পরীক্ষাগুলি কি? অথবা, **একটি বর্ণহীন তরল মিথাইল অ্যালকোহল কি ইথাইল অ্যালকোহল তাহা কিভাবে সনাক্ত করিবে?**

উত্তর : (ক) আলু, ভুট্টা, চাউল প্রভৃতি সস্তা শ্বেতসার পদার্থ অথবা চিটাগুড়

হইতে সন্ধান প্রক্রিয়ায় এবং ইথিলিন হইতে সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে ইথাইল অ্যালকোহলের পণ্য উৎপাদন করা হয়।

(১) আলু, ভুট্টা, চাউল প্রভৃতিকে জলে সিদ্ধ করিয়া উহাতে অল্প অঙ্কুরিত বার্লি (মল্ট) মিশাইয়া 50°C উষ্ণতায় প্রায় অর্ধ ঘন্টা রাখা হয়। ইহাতে মল্টস্থিত উৎসেচক ডায়াসটেস সন্ধান প্রক্রিয়ায় উহাদের শ্বেতসারকে আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্বারা মল্ট-শর্করায় রূপান্তরিত করে। $2(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_{12}H_{22}O_{11}$ (মল্ট-শর্করা)। পরে দ্রবণটিকে 15°C উষ্ণতায় শীতল করিয়া ঈস্ট-চূর্ণ সহযোগে 2-3 দিন রাখা হয়। ঈস্টস্থিত উৎসেচক মলটেস প্রথমে মল্ট-শর্করাকে আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্বারা দ্রাক্ষা-শর্করায় পরিণত করে; পরে ঈষ্টস্থিত অপর উৎসেচক জাইমেস দ্বারা দ্রাক্ষা-শর্করা সন্ধান প্রক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়; দ্রবণে সচরাচর 6-12% অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6$ (দ্রাক্ষা-শর্করা); $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH$ (ইথাইল অ্যালকোহল) $+ 2CO_2$.

(২) গাঢ় ইক্ষুরস হইতে ইক্ষু-শর্করা কেলাসিত হইবার পর দ্রবণে 50-60% শর্করা থাকিয়া যায়; ইহাকে চিটাগুড় বলে। ইহাকে জল দ্বারা লঘু করিয়া শর্করার পরিমাণ 10% করা হয়; পরে অল্প সালফিউরিক অ্যাসিড যোগে দ্রবণকে অম্লীকৃত করিয়া 25°C উষ্ণতায় উহাতে ঈষ্টের গুঁড়া মিশান হয়। ঈষ্ট হইতে উৎপন্ন উৎসেচক ইনভারটেস প্রথমে ইক্ষু-শর্করাকে দ্রাক্ষা-শর্করা ও ফল-শর্করায় পরিণত করে; পরে উহারা উৎসেচক জাইমেস দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়। বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হইতে 2-3 দিন সময় লাগে এবং দ্রবণে 8-10% অ্যালকোহল থাকে। দ্রবণের উষ্ণতা 30°C-এর বেশী উঠিলে শীতক ব্যবস্থার সাহায্যে ঠাণ্ডা করা হয়। $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6$ (দ্রাক্ষা-শর্করা) $+ C_6H_{12}O_6$ (ফল-শর্করা); $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$.

(৩) খনিজ তেল ক্র্যাকিং-এর সময় প্রচুর ইথিলিন উৎপন্ন হয়; ইহা ছাড়া প্রাকৃতিক গ্যাস হইতেও ইথিলিন পাওয়া যায়। প্রায় 80°C উষ্ণতায় অতিরিক্ত চাপে ইথিলিনকে গাঢ় 98% H_2SO_4-এ শোষিত করিলে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়: $C_2H_4 + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5.HSO_4$. ইহাতে জল মিশাইয়া লঘু করিবার পর 70°C উষ্ণতায় গরম করিলে আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়; পাতন-প্রক্রিয়ায় শোধিত অ্যালকোহল সংগ্রহ করা হয়। $C_2H_5.HSO_4 + H_2O \rightarrow C_2H_5OH + H_2SO_4$.

(খ) ৩৬৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (৪) অংশ দেখ।

(গ) ইথাইল অ্যালকোহল PCl_5-এর সহিত বিক্রিয়ায় কেবলমাত্র এক অণু HCl উৎপন্ন করে: $C_2H_5OH + PCl_5 \rightarrow C_2H_5Cl + POCl_3 + HCl$. উপরন্তু অ্যাসিটিল ক্লোরাইডের সহিত ইহার বিক্রিয়ার ফলে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যাসিটাইল মূলক, CH_3CO- দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া মনো-অ্যাসিটাইল যৌগ ইথাইল অ্যাসিটেট গঠন করে: $CH_3.COCl + HO.C_2H_5 \rightarrow CH_3.CO.O.C_2H_5 + HCl$. সুতরাং প্রমানিত হয় যে ইথাইল অ্যালকোহলে একটি মাত্র $-OH$ মূলক বিদ্যমান।

(ঘ) (১) আয়োডিন ও লঘু NaOH দ্রবণ সহ ইথাইল অ্যালকোহল গরম করিলে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়; মিথাইল অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে কোন বিক্রিয়া হয় না। (২) গাঢ় H_2SO_4 ও $K_2Cr_2O_7$ সহযোগে পাতিত করিলে ইথাইল অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে অ্যাসিট্যালডিহাইড এবং মিথাইল অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। (৩) গাঢ় H_2SO_4-যুক্ত অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহল গরম করিলে ইথাইল অ্যাসিটেটের সুমিষ্ট গন্ধ পাওয়া যায়; মিথাইল অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে বিশিষ্ট গন্ধ থাকে না। (৪) স্যালিসাইলিক অ্যাসিড ও গাঢ় H_2SO_4 সহ মিথাইল অ্যালকোহল উত্তপ্ত করিলে সুগন্ধি মিথাইল স্যালিসাইলেট উৎপন্ন হয়; ইথাইল অ্যালকোহল দিলে কোন বিশিষ্ট গন্ধ উৎপন্ন হয় না।

প্রশ্ন: ৩৭০। অ্যালকোহলিক হাইড্রক্সিল মূলকের বিক্রিয়াগুলি বর্ণনা কর। এই শ্রেণীর একটি যৌগের বিক্রিয়া দ্বারা উদাহরণ দাও। অথবা, ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত Na, PCl_5, HCl, জৈব অ্যাসিড ($CH_3.COOH$) এবং জারক দ্রব্যের বিক্রিয়াগুলি লিখ।

উত্তর: ৩৬৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (ii) অংশ দেখ। (অ্যালকোহলিক OH মূলক বিশিষ্ট শ্রেণীর ইথাইল অ্যালকোহলকে উদাহরণ স্বরূপ লওয়া হইল।)

প্রশ্ন: ৩৭১। (ক) ইথাইল অ্যালকোহল H_2SO_4-এর সহিত কি ভাবে বিক্রিয়া করে? (খ) ইহা যে প্রাইমারী অ্যালকোহল তাহা কি ভাবে বুঝা যায়? (গ) ইথাইল অ্যালকোহলের গঠন সংকেত কি?

উত্তর: (ক) ৩৬৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (iii) অংশ দেখ।

(খ) ইথাইল অ্যালকোহলের গঠন সংকেত

$$\begin{array}{ccccc} & H & & H & \\ & | & & | & \\ H- & C & - & C & -OH \\ & | & & | & \\ & H & & H & \end{array}$$

ইহাতে —OH মূলকযুক্ত কার্বন পরমাণুটি অপর একটি কার্বন পরমাণুর সহিত সরাসরি সংযুক্ত আছে। অর্থাৎ উহার অণুতে একযোজী $-CH_2OH$ মূলক বর্তমান। তদুপরি ইথাইল অ্যালকোহল জারিত হইয়া একই কার্বন পরমাণু সংখ্যাবিশিষ্ট প্রথমে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও পরে অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে: $CH_3.CH_2OH \rightarrow CH_3.CHO \rightarrow CH_3.COOH$. সুতরাং, ইথাইল অ্যালকোহল একটি প্রাইমারী অ্যালকোহল।

প্রশ্ন: ৩৭২। (ক) ইথার কি? ইহাদের শ্রেণীবিভাগ কিভাবে করা হয়? (খ) পরীক্ষাগারে ডাই ইথাইল ইথারের প্রস্তুত প্রণালী লিখ। ইহা কিরূপে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করা হয়? ইহাকে নিরবচ্ছিন্ন ইথারীকরণ পদ্ধতি বলা হয় কেন? (গ) ইথারের ব্যবহার লিখ।

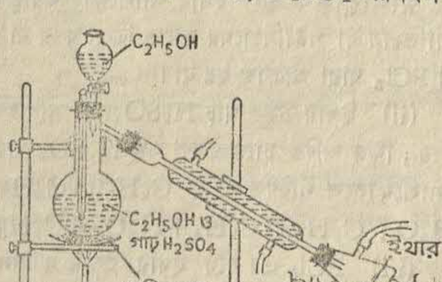
উত্তর: (ক) দুইটি অ্যালকিল মূলক একটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত

থাকিয়া যে শ্রেণীর যৌগ উৎপন্ন করে তাহাকে ইথার বলে। প্রত্যেক ইথারে —O— বা $\rangle C—O—C\langle$ কার্যকরী মূলক থাকে। ইহাদের সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n+2}O$ বা সংক্ষেপে R—O—R. ইথারে অ্যালকিল মূলক দুইটি সদৃশ থাকিলে উহাকে সরল ইথার বলে ; কিন্তু অ্যালকিল মূলক বিভিন্ন থাকিলে উহাদের মিশ্র ইথার বলা হয়। ডাই-ইথাইল ইথার $C_2H_5-O-C_2H_5$ ও ডাই-মিথাইল ইথার CH_3-O-CH_3 সরল ইথার এবং মিথাইল ইথাইল ইথার $CH_3-O-C_2H_5$, মিথাইল প্রোপাইল ইথার $CH_3-O-C_3H_7$ প্রভৃতি মিশ্র ইথার।

(খ) **প্রস্তুতি :**—সাধারণতঃ পরীক্ষাগারে অতিরিক্ত ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড 140°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া ডাই-ইথাইল ইথার প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়াটি দুই ধাপে নিষ্পন্ন হয়। প্রথমে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট গঠিত হয় ; ইহা পরে অতিরিক্ত অ্যালকোহলের সহিত ইথার উৎপন্ন করে। গাঢ় HS_2O_4 নিরুদকের কাজ করে এবং বিক্রিয়া শেষে ইহা পুনরুৎপাদিত হয় ; ফলে সামান্য গাঢ় অ্যাসিড বহুল পরিমাণ অ্যালকোহলকে ইথারে পরিণত করিতে পারে। সেইজন্য ইহাকে নিরবচ্ছিন্ন ইথারীকরণ পদ্ধতি বলে।

$$C_2H_5OH+H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5.HSO_4+H_2O$$
$$C_2H_5.HSO_4+C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5.O.C_2H_5+H_2SO_4$$

একটি পাতন-ফ্লাস্কে সম-আয়তন ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ লইয়া উহার মুখে বিন্দুপাতী ফানেল ও থার্মোমিটার আঁটিয়া দেওয়া হয়। পাতন-ফ্লাস্কের পার্শ্ব-নল একটি শীতক-নল ও পরে গ্রাহক পাত্রের সঙ্গে জুড়িয়া উহাকে বালি-গাহে 140°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। শীতক-নলের চারিদিকে হিম-শীতল জল প্রবাহিত করা হয় এবং গ্রাহক-পাত্রটি বরফাবৃত রাখা হয়।



চিত্র ৭৫

ইথার ও জল পাতিত হইয়া গ্রাহকে সঞ্চিত হয় ; ইহাতে সামান্য অবিকৃত অ্যালকোহল ও SO_2 মিশ্রিত থাকে। ইথারের পাতনের সঙ্গে বিন্দুপাতী ফানেল হইতে একই হারে ফ্লাস্কে অ্যালকোহল যোগ করা হয় ; ফলে অবিরাম ইথার পাতিত হইয়া আসে।

বিশুদ্ধিকরণ :—অবিশুদ্ধ ইথারকে বিযোজী ফানেলে লইয়া প্রথমে লঘু কষ্টিক সোডা দ্রবণ দ্বারা ধৌত করিয়া SO_2 এবং পরে খাদ্য-লবণের দ্রবণ দ্বারা ধৌত করিয়া অবিকৃত অ্যালকোহল অপসারণ করা হয়। অতঃপর উপরের হাল্কা ইথার স্তর

বিগলিত $CaCl_2$-এ শুষ্ক করা হয়। এইবার ইহাকে জল-গাহে বসাইয়া 70°–80°C উষ্ণতায় পুনঃ পাতন করিলে বিশুদ্ধ ইথার পাওয়া যায়।

(গ) **ব্যবহার**--ডাই-ইথাইল ইথার (১) চর্বি, তেল, রেজিন, উপক্ষার প্রভৃতি জৈব পদার্থের দ্রাবকরূপে ; (২) পরীক্ষাগারে বিভিন্ন জৈব পদার্থের জলীয় দ্রবণ হইতে উহাদের নিষ্কাশন করিতে ; (৩) গ্রিগনার্ড, ভূর্তজ প্রভৃতি বিক্রিয়ায় নিষ্ক্রিয় মাধ্যম হিসাবে এবং (৪) অস্ত্রোপচারে অক্সিজেন, অ্যালকোহল বা ক্লোরোফর্মের সংমিশ্রণে চেতনানাশক রূপে ব্যবহৃত হয়। অ্যালকোহল ও ইথারের মিশ্রণ ন্যাটালাইট বিশেষ নামে পেট্রোলের বদলে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন : ৩৭৩। (ক) ইথারের পণ্য উৎপাদন কিভাবে হয়? (খ) ইহার প্রধান ধর্মগুলি উল্লেখ কর। (গ) উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ কি? (ঘ) মেটামেরিজম্ কাহাকে বলে? উদাহরণ যোগে বুঝাইয়া দাও।

উত্তর : (ক) সাধারণতঃ 250°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়া ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্প প্রবাহিত করিয়া ডাই-ইথাইল ইথারের পণ্য উৎপাদন করা হয় : $2C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5.O.C_2H_5 + H_2O$.

(খ) **ভৌত ধর্ম**—ডাই-ইথাইল ইথার বর্ণহীন সুগন্ধি, খুব উদ্বায়ী প্রশম তরল ; স্ফুটনাঙ্ক 34·5°C. ইহা জলে অল্প দ্রাব্য কিন্তু অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন প্রভৃতি জৈব তরলে দ্রবণীয়। ইহা অত্যধিক দাহ্য পদার্থ ; বায়ুর সহিত ইহার মিশ্রণ প্রচণ্ড বিস্ফোরণসহ জ্বলে।

রাসায়নিক ধর্ম—ইথার অ্যালকোহলের তুলনায় কম সক্রিয়। (i) শুষ্ক ইথার সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের সহিত ক্রিয়া করে না। ইহা শীতল ক্ষার দ্রবণ, অ্যাসিড বা PCl_5 দ্বারা আক্রান্ত হয় না।

(ii) ইথার উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন করে ; কিন্তু অধিক চাপে উত্তপ্ত লঘু H_2SO_4 দ্বারা ইথার আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়। $C_2H_5.O.C_2H_5 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2C_2H_5.HSO_4 + H_2O$; $C_2H_5.O.C_2H_5 + H_2O \rightarrow 2C_2H_5OH$.

(iii) PCl_5-এর সঙ্গে ইথার উত্তপ্ত করিলে ইথাইল ক্লোরাইড পাওয়া যায় ; ইহাতে কোন HCl গঠিত হয় না : $C_2H_5.O.C_2H_5 + PCl_5 \rightarrow 2C_2H_5Cl + POCl_3$.

(iv) 0°C উষ্ণতায় ইথার হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রবাহে সংপৃক্ত হইয়া ইথাইল আয়োডাইড ও ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে ; কিন্তু বন্ধ নলে অতিরিক্ত গাঢ় HI-এর সহিত ইথার উত্তপ্ত করিলে ইথাইল আয়োডাইড পাওয়া যায়। $C_2H_5.O.C_2H_5 + HI \rightarrow C_2H_5OH + C_2H_5I$; $C_2H_5.O.C_2H_5 + 2HI \rightarrow 2C_2H_5I + H_2O$.

(v) দীর্ঘকাল বায়ু ও আলোর সংস্পর্শে ইথার থাকিলে ইহা অতি ধীরে বিষাক্ত ও ঝাঁঝাল বিস্ফোরক তরল ইথার পার-অক্সাইডে ($C_4H_{10}O_2$) রূপান্তরিত হয়।

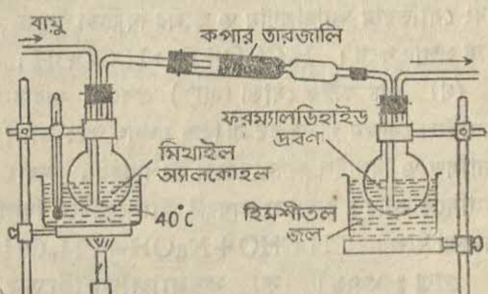
(গ) সোডিয়াম ইথোক্সাইডের সহিত অ্যালকোহলীয় ইথাইল আয়োডাইডের দ্রবণ ফুটাইলে ডাই-ইথাইল ইথার উৎপন্ন হয় এবং সোডিয়াম আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। দ্রবণকে আংশিক পাতিত করিলে মিশ্রিত অ্যালকোহল হইতে ইথার পৃথক হইয়া আসে। ইহাকে উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ বলে। $C_2H_5.ONa+C_2H_5I \rightarrow C_2H_5.O.C_2H_5+NaI$. ইহা মিশ্র ইথার প্রস্তুতির পক্ষে বিশেষ উপযোগী।

(ঘ) ৩৪৯ (ঙ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ৩৭৪। (ক) ফরম্যালডিহাইডের পরীক্ষাগার প্রস্তুত-পদ্ধতি বর্ণনা কর। (খ) ফরম্যালিন কি? (গ) ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর। (ঘ) ব্যাকেলাইট কাহাকে বলে?

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**— 350°-400°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত কপার বা প্লাটিনাম অনুঘটকের সংস্পর্শে মিথাইল অ্যালকোহলকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয় : $CH_3OH+O \rightarrow H.CHO+H_2O$.

একটি ফ্লাস্কে মিথাইল অ্যালকোহল লইয়া উহাকে জল-গাহে বসাইয়া 40°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। পাম্পের সাহায্যে উহার ভিতর দিয়া বায়ু চালনা করিলে উষ্ণ মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্পাকারে বায়ুর সংমিশ্রণে বাহির হইয়া আসে। এই মিশ্রণকে লোহিত-তপ্ত কপার বা প্লাটিনাম তারজালি-পূর্ণ দহন নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। মিথাইল অ্যালকোহল জারিত হইয়া ফরম্যালডিহাইড বাষ্পে পরিণত হয়। এই বাষ্পকে হিম-শীতল জলে আবৃত একটি ফ্লাস্কে ঠাণ্ডা জলের মধ্যে শোষণ করিলে 30-40% ফরম্যালডিহাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়।



চিত্র ৭৬

(খ) ফরম্যালডিহাইডের গাঢ় 40% জলীয় দ্রবণকে ফরম্যালিন বলে। ইহাতে সাধারণতঃ 8% মিথাইল অ্যালকোহল থাকে।

(গ) **ব্যবহার**—ফরম্যালডিহাইড তথা ফরম্যালিন তীব্র জীবাণুনাশক ও বীজবারক রূপে, মেটা-ফরম্যালডিহাইড জীবজন্তু ও উদ্ভিদদেহের অবশেষ রক্ষা করিতে এবং চর্মশিল্পে ব্যবহৃত হয়। বিভিন্ন ধরণের কৃত্রিম প্লাষ্টিক যথা ব্যাকেলাইট, প্লাসকন, গ্যালালিথ প্রভৃতি উৎপাদনে অধিকাংশ ফরম্যালডিহাইড ব্যয়িত হয়। ইহা ছাড়া বিভিন্ন ঔষধ ও রং প্রস্তুতিতে ইহা কাজে লাগে।

(ঘ) **ব্যাকেলাইট**—ইহা একটি মূল্যবান কৃত্রিম প্লাষ্টিক। আবিষ্কারক বিজ্ঞানী বেকেল্যাণ্ডের নামানুসারে ইহার এই নামকরণ হয়। অ্যামোনিয়া অনুঘটকের সংস্পর্শে

কার্বলিক অ্যাসিড বা ফিনল (C_6H_5OH) এবং ফরম্যালডিহাইড বিক্রিয়া ঘটাইয়া ফিনল-ফরম্যালডিহাইড প্লাষ্টিক তথা ব্যাকেলাইট উৎপন্ন করে। ইহা রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় পদার্থ, জলে অদ্রাব্য এবং তাপ প্রয়োগে গলে না। তদুপরি ইহা খুব শক্ত ও তড়িৎ-অপরিবাহী বলিয়া নিত্য ব্যবহার্য্য নানাবিধ জিনিস যথা সুইচ, দীপাধার, প্লাগ, চিরুণী, খেলনা, হাতল, রেকর্ড, ফাউন্টেনপেনের খোল এবং রেডিও ইত্যাদি যন্ত্রের ইনসুলেটর প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ঃ ৩৭৫। (ক) মিথাইল অ্যালকোহল হইতে কিভাবে ফরম্যালিন প্রস্তুত করা হয়? (খ) ফরম্যালডিহাইডকে জারিত ও বিজারিত করিলে কি উৎপন্ন হয়? (গ) ফরম্যালডিহাইডের সহিত গাঢ় ক্ষার দ্রবণ কিভাবে বিক্রিয়া করে?

উত্তর ঃ (ক) ৩৭৪ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) ফরম্যালডিহাইড সহজেই জারিত হইয়া ফরমিক অ্যাসিড এবং বিজারিত হইয়া মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। সাধারণতঃ আম্লিক $K_2Cr_2O_7$ জারণ-কার্য এবং সোডিয়াম অ্যামালগাম ও জলের বিক্রিয়া উদ্ভূত জায়মান হাইড্রোজেন বিজারণ কার্য সম্পন্ন করে। $H.CHO+O \rightarrow H.COOH$; $H.CHO+2H \rightarrow CH_3OH$.

(গ) গাঢ় কষ্টিক সোডা (40%) দ্রবণের সহিত ফরম্যালডিহাইডের জলীয় দ্রবণ মিশাইলে রেজিন গঠিত হয় না কিন্তু যুগপৎ স্বতঃ জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়ায় ফরমিক অ্যাসিড ও মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়; অর্থাৎ ফরম্যালডিহাইডের একটি অণু অ্যাসিডে জারিত হয় এবং অপরটি অ্যালকোহলে বিজারিত হয়। ইহাকে ক্যানিজারো বিক্রিয়া বলে। $2H.CHO+NaOH \rightarrow CH_3OH+H.COONa$.

প্রশ্ন ঃ ৩৭৬। (ক) ফরম্যালডিহাইডের পণ্য উৎপাদন কিভাবে করা হয়? (খ) পলিমারিজেশন কি? ফরম্যালডিহাইডের কয়েকটি পলিমারের নাম কর। (গ) ফরম্যালডিহাইডের লঘু দ্রবণ কিভাবে সনাক্ত করিবে?

উত্তর ঃ (ক) মিথাইল অ্যালকোহল হইতে সাধারণতঃ ফরম্যালডিহাইডের পণ্য উৎপাদন করা হয়। এই পদ্ধতিতে মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্প ও বায়ুর 1 : 1 অনুপাতের মিশ্রণকে অতি দ্রুত 450°–550°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত কপার তারজালির উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়; জারণ ও হাইড্রোজেন অপসারণ এই দুই ক্রিয়ায়ই মিথাইল অ্যালকোহল ফরম্যালডিহাইডে রূপান্তরিত হয়। নির্গত গ্যাসকে প্রথমে জলে শোষণ করিলে এবং পরে আংশিক পাতন করিলে ফরম্যালিন পাওয়া যায়।

$$2CH_3OH+O_2 \rightarrow 2H.CHO+2H_2O \; ; \; CH_3OH \rightarrow H.CHO+H_2$$

(খ) **পলিমারিজেশন**—সংজ্ঞার জন্য ৩৬০ (ঙ) প্রশ্নোত্তর দেখ।

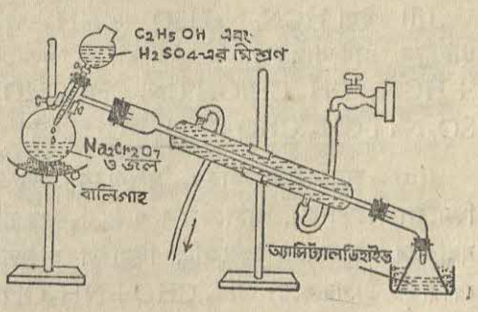
ফরম্যালডিহাইড বিভিন্ন অবস্থায় কতিপয় পলিমার যথা প্যারা-ফরম্যালডিহাইড বা প্যারাফর্ম $(H.CHO)n$, n=6 হইতে 40, মেটা-ফরম্যালডিহাইড বা ট্রাই-অক্সি-মিথিলিন $(H.CHO)_3$ এবং ফরমোজ $(H.CHO)_6$ গঠন করে।

(গ) **সনাক্তকরণ**—(১) ফরম্যালডিহাইড ফেলিং দ্রবণ এবং অ্যামোনিয়াক্যাল সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ (টোলেন বিকারক)-কে বিজারিত করিয়া যথাক্রমে লাল Cu_2O ও আয়নার মত ধাতব সিলভার অধঃক্ষেপ ফেলে। (২) অতি লঘু ফরম্যালডিহাইডের জলীয় দ্রবণে কয়েক ফোঁটা লঘু ফিনাইল হাইড্রাজিন ও পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের দ্রবণ মিশাইয়া গাঢ় HCl সহযোগে অম্লীকৃত করিলে গোলাপী লাল রং দেখা যায়। (৩) ফরম্যালডিহাইড আয়োডিন ও কষ্টিক সোডার সহিত আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে না।

প্রশ্ন : ৩৭৭। (ক) পরীক্ষাগারে কিভাবে বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয়? (খ) কিভাবে ইহার পণ্যোৎপাদন হয়। (গ) অ্যাসিট্যালডিহাইডের প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার লিখ। (ঘ) অ্যালডোল কি?

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যালকোহলকে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও নাতি-গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা জারিত করিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয় : $CH_3.CH_2OH + O \rightarrow CH_3.CHO + H_2O$.

বিন্দুপাতী ফানেল যুক্ত গোলতল পাতন ফ্লাস্কে সোডিয়াম ডাইক্রোমেট চূর্ণ (50 গ্রাম) ও জল (100 সি. সি.) লইয়া উহার সহিত লিবিগ শীতক নল ও গ্রাহক-পাত্র যুক্ত করা হয়। শীতক নলের ভিতর দিয়া হিম-শীতল জল প্রবাহিত করা হয় এবং গ্রাহক পাত্রটিকে বরফ দ্বারা আবৃত রাখা হয়। এইবার ফানেল হইতে ধীরে ধীরে ইথাইল অ্যালকোহল (25 সি.সি.) ও গাঢ় H_2SO_4 (15 সি.সি.)-এর মিশ্রণ যোগ করিয়া ফ্লাস্কটিকে বালি-গাহে বসাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে তাপ-সহ অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়; ইহা উদ্বায়ী বলিয়া অল্প জল ও অবিকৃত অ্যালকোহলের সহিত পাতিত হইয়া গ্রাহক-পাত্রে সঞ্চিত হয়। এই মিশ্রণকে জল-গাহে উত্তপ্ত করিয়া আংশিক পাতন-ক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড (স্ফুটনাঙ্ক 21°C) পৃথক করা হয়। ইহাকে শুষ্ক ইথারে দ্রাবিত করিয়া অনার্দ্র অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহে সংপৃক্ত করিলে বর্ণহীন অ্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়া কেলাস উৎপন্ন হয়। এই কেলাস লঘু H_2SO_4 সহ পাতিত করিলে অতি বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়।



চিত্র ৭৭

(খ) (i) শিল্প পদ্ধতিতে 300°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত কপারের উপর ইথানল বাষ্প প্রবাহিত করিয়া অথবা 2 : 5 আয়তনিক অনুপাতে ইথানল বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণকে 250°C উষ্ণতায় অনুঘটক সিলভার তারজালির উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়া অ্যাসি-

ট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয়। $C_2H_5OH \rightarrow CH_3.CHO + H_4$; $C_2H_5OH + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CH_3.CHO + H_2O$.

(ii) 80°C উষ্ণতায় লঘু H_2SO_4 (20%)-এ দ্রাবিত অনুঘটক মারকিউরিক সালফেটের (1%) দ্রবণের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে অ্যাসিট্যাল-ডিহাইড উৎপন্ন হয়; এক্ষেত্রে অ্যাসিটিলিনের সহিত এক অণু জলের সংযুক্তি ঘটে। পরে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড পৃথক করা হয়। বর্তমানে পণ্য উৎপাদনে এই পদ্ধতি অনুসৃত হইয়া থাকে: $CH \equiv CH + H_2O \rightarrow CH_3.CHO$.

(গ) **ভৌত ধর্ম**—অ্যাসিট্যালডিহাইড বর্ণহীন, উদ্বায়ী, ধূমায়মান তরল (স্ফুটনাঙ্ক 21°C)। ইহা তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত কিন্তু অতি লঘু দ্রবণে ফলের গন্ধ থাকে। অ্যাসিট্যালডিহাইড জল, অ্যালকোহল ও ইথারে দ্রাব্য। ইহা বায়ুতে অদীপ্ত শিখায় জ্বলে।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) অ্যাসিট্যালডিহাইড সহজেই লঘু HNO_3, আম্লিক $K_2Cr_2O_7$ বা $KMnO_4$ দ্বারা জারিত হইয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়: $CH_3.CHO + O \rightarrow CH_3.COOH$. অপরদিকে, ইহা জায়মান হাইড্রোজেন বা নিকেল-চূর্ণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহলে বিজারিত হয়: $CH_3.CHO + 2H \rightarrow CH_3.CH_2OH$.

(ii) ইহা HCN, $NaHSO_3$ ও NH_3-এর সহিত বিক্রিয়ায় যথাক্রমে সায়ান-হাইড্রিন, বাই-সালফাইট ও অ্যামোনিয়া যুত-যৌগ গঠন করে: $CH_3.CHO + HCN \rightarrow CH_3.CH(OH)CN$; $CH_3.CHO + NaHSO_3 \rightarrow CH_3.CH(OH)SO_3Na$; $CH_3.CHO + NH_3 \rightarrow CH_3.CH(OH)NH_2$.

(iii) অ্যাসিট্যালডিহাইড স্বাভাবিক উষ্ণতায় হাইড্রক্সিলামিন, হাইড্রাজিন, ফিনাইল হাইড্রাজিন, অ্যালকোহল ও PCl_5-এর সহিত কনডেনসেশন বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে অক্সাইম, হাইড্রাজোন, ফিনাইল হাইড্রাজোন, অ্যাসিট্যাল ও ইথিলিডিন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $CH_3.CHO + NH_2OH \rightarrow CH_2.CH = NOH + H_2O$; $CH_3.CHO + NH_2.NH_2 \rightarrow CH_3.CH = N.NH_2 + H_2O$; $CH_3.CHO + C_6H_5 NH.NH_2 \rightarrow CH_3.CH = N.NHC_6H_5 + H_2O$; $CH_3.CHO + 2C_2H_5OH \rightarrow CH_3.CH(OC_2H_5)_2 + H_2O$; $CH_3CHO + PCl_5 \rightarrow CH_3.CHCl_2 + POCl_3$

(iv) ইহা আর্দ্র ক্লোরিনের সহিত ক্লোরাল গঠন করে; ক্ষারের উপস্থিতিতে ইহা ক্লোরোফর্মে পরিণত হয়: $CH_3.CHO + 3Cl_2 \rightarrow CCl_3.CHO + 3HCl$; $CCl_3.CHO + NaOH \rightarrow CHCl_3 + H.COONa$.

(v) অ্যাসিট্যালডিহাইড তীব্র বিজারক পদার্থ। ইহা ফেলিং দ্রবণ ও টোলেন বিকারককে যথাক্রমে লাল Cu_2O ও ধূসর সিলভারে বিজারিত করে।

$$CH_3.CHO + 2CuO \rightarrow CH_3.COOH + Cu_2O$$
$$CH_3.CHO + Ag_2O \rightarrow CH_3.COOH + 2Ag$$

(vi) লঘু ক্ষার বা K_2CO_3 দ্রবণ অথবা $ZnCl_2$ অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসি-ট্যালডিহাইড উষ্ণ করিলে উহার দুই অণুর সংযুক্তিতে বর্ণহীন, গন্ধহীন তরল β-হাইড্রক্সি বিউট্যালডিহাইড বা অ্যালডোল উৎপন্ন হয়। ইহাতে অ্যালডিহাইড ও অ্যালকোহল উভয়েরই ধর্ম বিদ্যমান থাকে। এক্ষেত্রে একটি অণুর কার্বন পরমাণু অপর অণুর কার্বনিল কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়: $CH_3.CHO+CH_3.CHO \rightarrow CH_3.CH(OH).CH_2CHO.$ এইরূপ বিক্রিয়া অ্যালডল কনডেনসেশন নামে পরিচিত।

(vii) অ্যাসিট্যালডিহাইডের পলিমার গঠনের প্রবণতা খুব বেশী। অ্যালডল ইহার দুই অণু-বিশিষ্ট পলিমার; ইহা তিন, চার বা বেশী অণু সম্বলিত পলিমার যথাক্রমে প্যারালডিহাইড, মেটালডিহাইড ও অ্যাসিট্যালডিহাইড রেজিন উৎপন্ন করে।

ব্যবহার—অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রধানতঃ অ্যাসেটিক অ্যাসিড, ইথাইল অ্যাল-কোহল, নরম্যাল বিউটাইল অ্যালকোহল, ইথাইল অ্যাসিটেট প্রভৃতির পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া ঘুমের ঔষধ প্যারালডিহাইড, কঠিন জ্বালানী মেটালডিহাইড, রবার শিল্পে অ্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে এবং আয়নার সিলভারের প্রলেপ দিতে ইহার প্রয়োজন হয়।

(ঘ) উপরের রাসায়নিক ধর্মের (vi) অংশ দেখ।

প্রশ্ন: ৩৭৮। (ক) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে কিভাবে বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়? (খ) ফরম্যালডিহাইড ও অ্যাসি-ট্যালডিহাইডের ধর্মের বৈসাদৃশ্যগুলি উল্লেখ কর। অথবা, **যে সকল বিক্রিয়ায় ফরম্যালডিহাইড অন্যান্য অ্যালডিহাইডের মত আচরণ করে না তাহা লিখ। (গ) কিভাবে অ্যাসিট্যালডিহাইড সনাক্ত করা হয়।**

উত্তর: (ক) ৩৭৭ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) ফরম্যালডিহাইড ও অ্যাসিট্যালডিহাইডের ধর্মের মধ্যে নিম্নলিখিত বৈসাদৃশ্য দেখা যায়। যেমন—

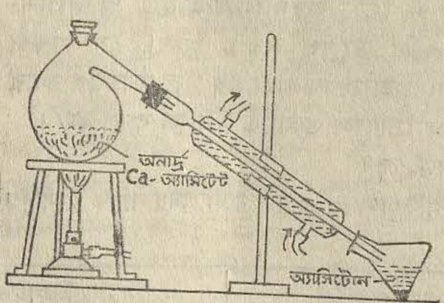
বিক্রিয়া	ফরম্যালডিহাইড	অ্যাসিট্যালডিহাইড
(১) গাঢ় NaOH দ্রবণ	ক্যানিজ্যারো বিক্রিয়া ঘটায় এবং CH_3OH ও HCOOH উৎপন্ন হয়।	অ্যাসিট্যালডিহাইড রেজিন উৎপন্ন হয়।
(২) অ্যামোনিয়া	ইউরোট্রোপিন গঠিত হয়।	অ্যাসিট্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।
(৩) গ্রিগনার্ড বিকারক	ইথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়।	আইসো-প্রোপাইল অ্যাল-কোহল গঠিত হয়।
(৪) ফিনল	ব্যাকেলাইট প্লাষ্টিক উৎপন্ন হয়।	বিক্রিয়া নাই।
(৫) আয়োডিন এবং ক্ষার	বিক্রিয়া নাই।	আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে।

(গ) **সনাক্তকরণ**—(১) অ্যাসিট্যালডিহাইড ফেলিং দ্রবণ এবং অ্যামোনিয়াক্যাল সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ (টোলেন বিকারক)-কে বিজারিত করিয়া যথাক্রমে লাল Cu_2O ও আয়নার মত ধাতব সিলভার অধঃক্ষেপ ফেলে। (২) অ্যাসিট্যালডিহাইড দ্রবণে 1 সি.সি. সদ্য-প্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড যোগ করিয়া অতিরিক্ত কষ্টিক সোডা সহযোগে দ্রবণটি ক্ষারীয় করিলে লাল বর্ণ হয়। (৩) অ্যাসিট্যালডিহাইড দ্রবণে (2 সি.সি.) 10% KI দ্রবণ (2 সি.সি.) এবং সদ্য-প্রস্তুত সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট (NaOCl) দ্রবণ (2 সি.সি.) মিশাইলে বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত হলুদ বর্ণের আয়োডোফর্মের কেলাস পাওয়া যায়।

প্রশ্ন : ৩৭৯। (ক) অ্যাসিটোনের পরীক্ষাগার প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর। কিরূপে ইহা বিশুদ্ধ করা হয়? (খ) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড হইতে কিভাবে ইহা পাওয়া যায়? (গ) অ্যাসিটোনের ধর্ম ও ব্যবহার লিখ। (ঘ) কিভাবে ইহা সনাক্ত করা হয়?

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—পরীক্ষাগারে বিশুষ্ক ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে পাতিত করিয়া অ্যাসিটোন প্রস্তুত করা হয় : $(CH_3.COO)_2Ca \rightarrow CH_3.CO.CH_3 + CaCO_3$.

একটি কাচের বকযন্ত্রে বিশুষ্ক ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট রাখিয়া উহার মুখে লিবিগশীতক ও গ্রাহক-পাত্র যুক্ত করা হয়। এইবার বকযন্ত্রটিকে তারজালির উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে উৎপন্ন অ্যাসিটোন পাতিত হইয়া গ্রাহক পাত্রে তরলরূপে সঞ্চিত হয়। ইহা বিশুদ্ধ নয়। ইহাতে সোডিয়াম বাই-সালফাইটের সংপৃক্ত দ্রবণ যোগ করিয়া মিশাইলে অ্যাসিটোন সোডিয়াম বাই-সালফাইটের কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই কেলাসকে পৃথক করিয়া সোডিয়াম কার্বনেটের সংপৃক্ত দ্রবণ সহযোগে পাতিত করিলে অল্প জলমিশ্রিত অ্যাসিটোন পাওয়া যায়। ইহাকে গলিত $CaCl_2$ দ্বারা বিশুষ্ক করিয়া পুনঃ পাতিত করিলে বিশুদ্ধ অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।



চিত্র ৭৮

(খ) ৩৬৫ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(গ) **ভৌত ধর্ম**—অ্যাসিটোন বর্ণহীন, মনোরম গন্ধযুক্ত উদ্বায়ী তরল, স্ফুটনাঙ্ক 55·5°C. ইহা জল, অ্যালকোহল ও ইথারে দ্রবণীয়। ইহা জল অপেক্ষা হাল্কা। ইহা বায়ুতে নীলাভ শিখায় জ্বলে : $CH_3.CO.CH_3 + 4O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O$.

রাসায়নিক ধর্ম—(*i*) অ্যাসিটোন গাঢ় HNO_3 বা ক্রোমিক অ্যাসিড দ্বারা উত্তপ্ত

অবস্থায় অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জারিত হয় এবং CO_2 নির্গত করে: $CH_3.CO.CH_3 + 4O \rightarrow CH_3.COOH + CO_2 + H_2O$. অপরদিকে, জায়মান হাইড্রোজেন বা নিকেল-চূর্ণের উপস্থিতিতে H_2 গ্যাস দ্বারা ইহা আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহলে বিজারিত হয়: $CH_3.CO.CH_3 + 2H \rightarrow CH_3.CHOH.CH_3$. কিন্তু তীব্র বিজারক জিঙ্ক অ্যামালগাম ও গাঢ় HCl উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যাসিটোনকে প্রোপেন গ্যাসে বিজারিত করে: $CH_3.CO.CH_3 + 4H \rightarrow CH_3.CH_2.CH_3 + H_2O$.

(ii) অ্যাসিটোন HCN ও $NaHSO_3$-এর সহিত বিক্রিয়ায় যথাক্রমে সায়ান-হাইড্রিন ও বাই-সালফাইট যুত-যৌগ গঠন করে: $(CH_3)_2CO + HCN \rightarrow (CH_3)_2.C(OH)CN$; $(CH_3)_2CO + NaHSO_3 \rightarrow (CH_3)_2C(OH)SO_3Na$.

(iii) ইহা NH_2OH, $NH_2.NH_2$., $C_6H_5.NH.NH_2$ ও NH_3-এর সহিত কনডেনসেশন বিক্রিয়া ঘটাইয়া যথাক্রমে অক্সাইম, হাইড্রাজোন, ফিনাইল হাইড্রাজোন ও ডাই-অ্যাসিটোন অ্যামিন গঠন করে।

$$(CH_3)_2CO + NH_2OH \rightarrow (CH_2)_2C{=}NOH + H_2O$$

$$(CH_3)_2CO + NH_2.NH_2 \rightarrow (CH_3)_2C{=}N.NH_2 + H_2O$$

$$(CH_3)_2CO + C_6H_5.NHNH_2 \rightarrow (CH_3)_2C{=}N.NHC_6H_5 + H_2O$$

(iv) অ্যাসিটোন ক্লোরিনের সহিত প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় প্রথমে ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটোন এবং পরিশেষে হেক্সা-ক্লোরো অ্যাসিটোন উৎপন্ন করে।

$$CH_3.CO.CH_3 + 3Cl_2 \rightarrow CCl_3.CO.CH_3 + 3HCl$$

$$CCl_3.CO.CH_3 + 3Cl_2 \rightarrow CCl_3.CO.CCl_3 + 3HCl$$

(v) ইহা ক্ষারের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরিনের সহিত ক্লোরোফর্ম এবং আয়োডিনের সহিত আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে।

(vi) অ্যাসিটোন পলিমার গঠন করে না। ইহার দুই বা ততোধিক অণু বিভিন্ন অবস্থায় কনডেনসেশন বিক্রিয়ায় ভিন্ন ভিন্ন পদার্থ যথা ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল, মেসিটিল অক্সাইড, ফোরোন ও মেসিটিলিন উৎপন্ন করে।

ব্যবহার—অ্যাসিটোন প্রধানত: অ্যাসিটিলিন, নাইট্রো-সেলুলোজ, সেলুলোজ অ্যাসিটেট রেয়ন প্রভৃতির দ্রাবকরূপে ব্যবহৃত হয়। সালফোনাল নামক ঘুমের ঔষধ, আইবোন নামক সুগন্ধি দ্রব্য, করডাইট নামক ধূম্রবিহীন বন্দুকের পাউডার, ক্লোরেটন নামক ঔষধ এবং প্লেক্সি-গ্লাস নামক অভঙ্গুর স্বচ্ছ প্লাষ্টিক কাচ প্রস্তুতিতে অ্যাসিটোন ব্যবহৃত হইয়া থাকে। সময় সময় ইহা হইতে ক্লোরোফর্ম ও আয়োডোফর্ম প্রস্তুত করা হয়।

(ঘ) **সনাক্তকরণ**—(১) কয়েক ফোঁটা সদ্য-প্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ অ্যাসিটোনের সহিত মিশাইয়া উহাতে ফোঁটা ফোঁটা কষ্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিলে মিশ্রণটি পীতাভ-লাল বর্ণ হয়। (২) অ্যাসিটোনে আয়োডিন দ্রবণ ও অ্যামোনিয়া যোগ করিয়া অল্প উষ্ণ করিলে হলুদ বর্ণের বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্মের কেলাস পাওয়া যায় ; ইথাইল অ্যালকোহল অনুরূপ অবস্থায় আয়োডোফর্ম গঠন করে

না। ইহা ফেলিং দ্রবণ বা টোলেন বিকারককে বিজারিত করে না কিন্তু অতি ধীরে সিফ বিকারককে বেগুনী বর্ণ করে।

প্রশ্ন : ৩৮০। (ক) কি কি উপায়ে অ্যাসিটোনের পণ্য উৎপাদন করা যায়? উহাদের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। (খ) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোনের ধর্মের মধ্যে সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য উল্লেখ কর। (গ) অ্যালডোল কনডেনসেশন কি?

উত্তর : (ক) শিল্পে অ্যাসিটোনের চাহিদা খুব বেশী বলিয়া বিভিন্ন পণ্য উৎপাদন পদ্ধতিতে ইহা প্রস্তুত করা হয়। যথা—(i) অতিরিক্ত চাপে ও 400°C উষ্ণতায় আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল বাষ্প সূক্ষ্ম কপার কণার উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন অপসারণের ফলে অ্যাসিটোন পাওয়া যায়। সাধারণতঃ আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল পেট্রোলিয়াম ক্র্যাকিং-এর সময় প্রাপ্ত প্রপিলিন হইতে উৎপন্ন হয়। $CH_3.CH(OH).CH_3 \rightarrow CH_3.CO.CH_3 + H_2$.

(ii) 400°C উষ্ণতায় অ্যালুমিনার উপর দিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড বাষ্প প্রবাহিত করিলেও অ্যাসিটোন পাওয়া যায়। এই অ্যাসেটিক অ্যাসিড সচরাচর অ্যাসিটিলিন হইতে উৎপন্ন হয় : $2CH_3COOH \rightarrow CH_3.CO\,CH_3 + CO_2 + H_2O$.

(iii) ভুট্টা, আলু প্রভৃতি শ্বেতসার জাতীয় পদার্থ হইতে বিশেষ জীবাণুর সাহায্যে সন্ধান-প্রক্রিয়ায় অ্যাসিটোন, নরম্যাল বিউটাইল অ্যালকোহল ও ইথাইল অ্যালকোহলের মিশ্রণ পাওয়া যায়; আংশিক পাতন ক্রিয়ায় অ্যাসিটোন পৃথক করা হয়।

(খ) **অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোনের মধ্যে তুলনা : সাদৃশ্য—** (১) উভয়েই HCN, $NaHSO_3$-এর সহিত যুত-যৌগ যথাক্রমে সায়ানহাইড্রিন, বাই-সালফাইট যৌগ গঠন করে এবং NH_2OH, $NH_2.NH_2$, $C_6H_5.NHNH_2$-এর সহিত কনডেনসেশন বিক্রিয়ায় যথাক্রমে অক্সাইম, হাইড্রোজোন ও ফিনাইল হাইড্রোজোন উৎপন্ন করে। (২) উভয়েই ক্ষারের উপস্থিতিতে আয়োডিনের সঙ্গে আয়োডোফর্ম গঠন করে। (৩) উভয়েই PCl_5 ও Cl_2-এর সহিত প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটায়; অ্যাসিট্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে যথাক্রমে ইথিলিডিন ডাই-ক্লোরাইড ও ক্লোরাল উৎপন্ন হয় এবং অ্যাসিটোনের ক্ষেত্রে যথাক্রমে ডাই-ক্লোরোপ্রোপেন ও ডাই-ক্লোরো অ্যাসিটোন গঠিত হয়। (৪) উভয়েই অ্যালডোল কনডেনসেশন বিক্রিয়া ঘটাইয়া যথাক্রমে অ্যালডোল ও ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল উৎপন্ন করে।

বৈসাদৃশ্য—(১) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন বিজারণের ফলে যথাক্রমে ইথাইল অ্যালকোহল ও সেকেণ্ডারী প্রোপাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়; (২) উভয়েই জারিত হইয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে; (৩) অ্যামোনিয়ার সহিত অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া যৌগ কিন্তু অ্যাসিটোন অ্যামিন যৌগ গঠন করে; (৪) অ্যাসিট্যালডিহাইড কষ্টিক সোডার সঙ্গে অ্যালডিহাইড রেজিন, ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত অ্যাসিট্যাল এবং পলিমারিজেশন বিক্রিয়ায় প্যারালডিহাইড ও মেটালডিহাইড উৎপন্ন করে; অধিকন্তু ইহা সিফ বিকারককে বেগুনী বর্ণ করে এবং ফেলিং দ্রবণ ও

টোলেন বিকারককে বিজারিত করিয়া যথাক্রমে লাল Cu_2O ও সাদা আয়নার মত সিলভার অধঃক্ষেপ ফেলে। কিন্তু অ্যাসিটোন উপরোক্ত কোন বিক্রিয়া করে না।

(গ) ৩৭৭ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (vi) অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ৩৮১। (ক) অ্যালডিহাইড ও কিটোন শ্রেণীর যৌগে কোন্ কার্যকরী মূলক থাকে? উহাদের গঠনগত পার্থক্য কি? (খ) (i) ফরম্যালডিহাইড, (ii) অ্যাসিট্যালডিহাইড, (iii) অ্যাসিটোন জারিত ও বিজারিত করিলে কি হয়? (গ) কনডেনসেশন কি? ইহার সহিত পলিমারিজেশনের পার্থক্য কোথায়?

উত্তর : (ক) অ্যালডিহাইড এবং কিটোন দুইটি বিশিষ্ট শ্রেণীর জৈব যৌগ হইলেও উহাদের মধ্যে গঠনগত সাদৃশ্য আছে। অ্যালডিহাইড ও কিটোন উভয় শ্রেণীর যৌগে কার্যকরী মূলক হিসাবে দ্বি-যোজী কার্বনিল মূলকটি $>C=O$ বর্তমান। কিন্তু অ্যালডিহাইডে কার্বনিল মূলকের কার্বন পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অ্যালকিল মূলক দ্বারা এবং কিটোনে দুইটিই অ্যালকিল মূলক দ্বারা পরিতৃপ্ত হয়; অর্থাৎ উহাদের সাধারণ গঠন সংকেত যথাক্রমে $\begin{matrix}R\\H\end{matrix}\!\!>C=O$ এবং $\begin{matrix}R\\R\end{matrix}\!\!>C=O$. ফলে অ্যালডিহাইডে ক্রিয়াশীল অ্যালডিহাইড মূলক $-CHO$ এবং কিটোনে ক্রিয়াশীল কার্বনিল মূলক $>C=O$ থাকে।

(খ) ৩৭৫ (খ) নং এবং ৩৭৭ (গ) নং ও ৩৭৯ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (i) অংশ দেখ।

(গ) **কনডেনসেশন**—যে বিক্রিয়ায় দুই বা ততোধিক অভিন্ন বা বিভিন্ন পদার্থের অণু যুক্ত হইয়া সম্পূর্ণ ভিন্ন নূতন পদার্থের জটিল অণু গঠনকালে জল, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি সরল যৌগ অপসারিত হয় তাহাকে কনডেনসেশন বলে। এইভাবে উৎপন্ন পদার্থ সাধারণতঃ স্থায়ী হয় কারণ ইহাতে বিভিন্ন অনুস্থিত কার্বন পরমাণুর মধ্যে সংযোগ ঘটে; সেইজন্য ইহা একমুখী বিক্রিয়া। অধিকন্তু ইহাদের আণবিক ওজন মূল পদার্থের আণবিক ওজনের কোন গুণিতকে থাকে না। তবে বিশেষ ক্ষেত্রে ইহারও ব্যতিক্রম দেখা যায়; যেমন অ্যালডোল কনডেনসেশন। (এখানে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন উভয়ের কনডেনসেশন বিক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ দাও; ৩৭৭ (গ) নং ও ৩৭৯ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (iii) অংশ দেখ।]

পলিমারিজেশন—সংজ্ঞার জন্য ৩৬০ (ঙ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। উদাহরণের জন্য ৩৭৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তর এবং ৩৭৭ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (vii) অংশ দেখ। পরে লিখ—এই বিক্রিয়ায় H_2O, HCl, NH_3 প্রভৃতি অপসারিত হয় না বলিয়া পলিমারের আণবিক ওজন সর্বদাই মূল পদার্থের আণবিক ওজনের সরল গুণিতকে থাকে। ইহা উভমুখী এবং ইহাতে নূতন $C-C$ বণ্ডের সৃষ্টি হয় না; ফলে বিক্রিয়াজাত পদার্থকে মূল পদার্থে রূপান্তর সম্ভব হয়।

প্রশ্ন : ৩৮২। (ক) স্নেহজ বা ফ্যাটি অ্যাসিড কি? (খ) পরীক্ষাগারে কিভাবে ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়? ইহা কিভাবে জলমুক্ত করিবে? (গ) ইহার ধর্মের প্রধান বৈশিষ্ট্য কি? (ঘ) কিভাবে ফরমিক অ্যাসিড সনাক্ত করিবে?

উত্তর : (ক) R.COOH গঠন সংকেতের এক-ক্ষারীয় কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলি তৈল বা চর্বি জাতীয় পদার্থ হইতে পাওয়া যায় বলিয়া এই শ্রেণীর অ্যাসিডকে স্নেহজ বা ফ্যাটি অ্যাসিড বলে। এইরূপ অ্যাসিডে একটি কার্বক্সিল মূলক, $-C\begin{matrix}\nearrow O \\ \searrow OH\end{matrix}$ থাকে; ইহা কার্বনিল, >C=O এবং হাইড্রক্সিল, OH মূলক দ্বয়ের সমন্বয়ে গঠিত। ফরমিক অ্যাসিড, H.COOH ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড, $CH_3.COOH$ প্রভৃতি স্নেহজ বা ফ্যাটি অ্যাসিড।

(খ) **প্রস্তুতি**—পরীক্ষাগারে গ্লিসেরলের উপস্থিতিতে অক্সালিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়: HOOC.COOH+ [গ্লিসেরল] → $H.COOH+CO_2$+[গ্লিসেরল]। এক্ষেত্রে গ্লিসেরল অনুঘটকরূপে কাজ করে।

একটি পাতন ফ্লাস্কে অক্সালিক অ্যাসিড কেলাস (50 গ্রাম) ও অনার্দ্র গ্লিসেরল (40 সি.সি.) লইয়া উহাকে বালি-গাহে বসাইয়া 100°-110°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং জল মিশ্রিত ফরমিক অ্যাসিড পাতিত হইয়া গ্রাহক-পাত্রে সঞ্চিত হয়। বিক্রিয়ার গতি শ্লথ হইলে মাঝে মাঝে অক্সালিক অ্যাসিড যোগ করা হয়।



চিত্র ৭৯

অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড উৎপাদনে জল মিশ্রিত অ্যাসিডকে অতিরিক্ত লিথার্জ, PbO বা $PbCO_3$ সহযোগে ফুটাইয়া ঠাণ্ডা করিলে লেড ফরমেট কেলাস, $(H.COO)_2Pb$ পাওয়া যায়। ইহাকে পরিস্রাবণ করিয়া শুষ্ক করা হয়। পরে 110°C উষ্ণতায় ইহার উপর দিয়া H_2S গ্যাস প্রবাহিত করিলে অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড শীতল গ্রাহক-পাত্রে জমা হয় : $2H.COOH+PbO \rightarrow (H.COO)_2Pb+H_2O$; $(H.COO)_2Pb+H_2S \rightarrow 2H.COOH+PbS$.

(গ) ফরমিক অ্যাসিডের প্রধান বৈশিষ্ট্য এই যে ইহা অ্যাসিডের ন্যায় আচরণ করিলেও অ্যালডিহাইডের মত বিজারণ গুণসম্পন্ন; অন্যান্য ফ্যাটি অ্যাসিডের বিজারণ ক্ষমতা নাই। ফরমিক অ্যাসিড উৎকৃষ্ট বিজারক দ্রব্য বলিয়া ইহা টোলেন বিকারক

হইতে ধাতব সিলভার মুক্ত করে ; $HgCl_2$-এর দ্রবণ হইতে সাদা Hg_2Cl_2 অধঃক্ষেপ ফেলে এবং বেগুনী $KMnO_4$-এর লঘু দ্রবণ বর্ণহীন করে।

(ঘ) **সনাক্তকরণ**—(১) ফরমিক অ্যাসিড টোলেন বিকারকে যোগ করিয়া ঈষৎ উষ্ণ করিলে ধূসর বর্ণের ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়। (২) অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উষ্ণ করিলে CO নির্গত হয়। (৩) ধাতব ফরমেট দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইডের প্রশমিত দ্রবণ মিশাইলে লাল বর্ণ উৎপন্ন করে; এই দ্রবণ ফুটাইলে বাদামী বর্ণের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

প্রশ্ন ঃ ৩৮৩। (ক) ফরমিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন কিভাবে হয়? (খ) ইহার ব্যবহার লিখ। (গ) ফরমিক অ্যাসিড ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডের ধর্মের মধ্যে কি পার্থক্য দেখা যায়?

উত্তর ঃ (ক) 200°C উষ্ণতায় বিচূর্ণ কষ্টিক সোডার উপর দিয়া 6-10 বায়ুচাপে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিয়া ফরমিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন করা হয়। প্রথমে সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন হয়; ইহাকে শীতল অবস্থায় নাতি-গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে বিযোজিত করিয়া পরে পাতিত করিলে অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।
$NaOH + CO \rightarrow H.COONa$; $2H.COONa + H_2SO_4 \rightarrow 2H.COOH + Na_2SO_4$.

(খ) **ব্যবহার**—ফরমিক অ্যাসিড প্রধানতঃ রবার-শিল্পে প্রকৃতিজাত রবার জমাট বাঁধাইতে এবং চর্মশিল্পে পশুর চামড়া পাকা করিবার পর অতিরিক্ত চুন অপসারণে ব্যবহৃত হয়। ফলের রস সংরক্ষণে বীজবারকরূপে, বস্ত্রশিল্পে পশম ও সূতীবস্ত্র রং করিতে এবং নিকেল প্রলেপনে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। বনস্পতি উৎপাদনে নিকেল ফরমেট অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া সোডিয়াম ফরমেট হইতে অক্সালিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন করা হয়।

(গ) ফরমিক অ্যাসিড ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডের ধর্মের মধ্যে নিম্নলিখিত পার্থক্যগুলি দেখা যায়। যথা—

বিক্রিয়া	ফরমিক অ্যাসিড	অ্যাসেটিক অ্যাসিড
(১) উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4	CO ও জলে বিযোজিত হয়; নির্গত CO নীলাভ শিখায় জ্বলে।	বিক্রিয়া নাই।
(২) উত্তপ্ত $K_2Cr_2O_7$ ও H_2SO_4	জারিত হইয়া CO_2 উৎপন্ন করে।	অবিকৃত থাকে; কোন জারণ-ক্রিয়া নাই।
(৩) PCl_5	স্বাভবিক উষ্ণতায় CO ও HCl গ্যাস উৎপন্ন করে।	স্বাভাবিক উষ্ণতায় $CH_3.COCl$ ও HCl গঠিত হয়।
(৪) টোলেন বিকারক	সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়।	বিক্রিয়া নাই।
(৫) As_2O_3-এর সহিত উত্তপ্ত করা (ক্যাকোডিল পরীক্ষা)	বিক্রিয়া নাই।	ক্যাকোডিল অক্সাইডের উৎকট গন্ধ পাওয়া যায়।

প্রশ্ন : ৩৮৪। (ক) পরীক্ষাগারে কি উপায়ে অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিবে? (খ) গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড কি? (গ) ইহার ধর্মগুলি উল্লেখ কর। (ঘ) অ্যাসেটিক অ্যাসিডের ব্যবহার লিখ।

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যালকোহলকে $Na_2Cr_2O_7$ ও H_2SO_4 দ্বারা জারিত করিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3.CH_2OH+2O \rightarrow CH_3.COOH+H_2O$$

খাড়া শীতকযুক্ত একটি পাতন ফ্লাস্কে বিচূর্ণ $Na_2Cr_2O_7$ (35 গ্রাম) ও জল (50 সি. সি.) লইয়া উহাতে গাঢ় H_2SO_4 (35 সি. সি.) মিশান হয়। পরে বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ইথাইল অ্যালকোহল (50 সি. সি.) ও জল (50 সি. সি.)-এর মিশ্রণ উহাতে ধীরে ধীরে যোগ করা হয়। এইবার মিশ্রণটিকে 15 মিনিট কাল মৃদুভাবে ফুটাইলে প্রথমে ইথানল অ্যাসিট্যালডিহাইডে জারিত হয়; পরে ইহা পুনরায় জারিত হইয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া শেষে ইহাকে পাতিত করিলে সামান্য অ্যাসিট্যালডিহাইড, ইথার প্রভৃতি সহ অ্যাসেটিক অ্যাসিড গ্রাহক-পাত্রে সঞ্চিত হয়। ইহাকে কপার কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়ায় কপার অ্যাসিটেট কেলাসে রূপান্তরিত করিয়া গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে পাতিত করিলে বিশুদ্ধ অ্যাসেটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(খ) বিশুদ্ধ ও গাঢ় অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড বলে। ইহা 16·5°C উষ্ণতায় জমিয়া বরফের মত বর্ণহীন কেলাস গঠন করে।

(গ) **ভৌত ধর্ম**—অ্যাসেটিক অ্যাসিড বর্ণহীন, ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত তরল, স্ফুটনাঙ্ক 118°C. ইহা তীব্র টক স্বাদযুক্ত। ইহা জল, অ্যালকোহল ও ইথারের সহিত যে কোন অনুপাতে মিশে।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ইহা সহজ-দাহ্য নয়; বায়ুতে পোড়াইলে ইহা জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে : $CH_3.COOH+2O_2 \rightarrow 2CO_2+2H_2O$.

(ii) ইহা মৃদু এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহা যথারীতি অ্যাসিটেট লবণ গঠন করে এবং জলীয় দ্রবণে অল্প আয়নিত হয় : $CH_3.COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$. এই দ্রবণ নীল লিটমাসকে লালবর্ণ করে।

(iii) ইহা নিরুদক গাঢ় H_2SO_4 বা HCl গ্যাসের উপস্থিতিতে অ্যালকোহলের সহিত উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়ার ফলে মনোরম গন্ধযুক্ত এস্টার যৌগ গঠন করে।

$$CH_3.COOH+C_2H_5OH \rightarrow CH_3.COOC_2H_5+H_2O$$

(iv) সাধারণ উষ্ণতায় PCl_5 অ্যাসেটিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া অ্যাসিটিল ক্লোরাইড নামক উদ্বায়ী তরল উৎপন্ন করে; এক্ষেত্রে অ্যাসিডের $-OH$ মূলক ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় : $CH_3.COOH+PCl_5 \rightarrow CH_3.COCl+POCl_3+HCl$.

(v) ফুটন্ত অ্যাসেটিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে মিথাইল মূলকের H-পরমাণু পর পর ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া মনো-, ডাই- ও ট্রাই-ক্লোরো-অ্যাসেটিক অ্যাসিড গঠন করে।

$$CH_3.COOH \xrightarrow{Cl_2} CH_2Cl.COOH \xrightarrow{Cl_2} CHCl_2.COOH \xrightarrow{Cl_2} CCl_3.COOH$$

(*vi*) নির্জল অ্যাসেটিক অ্যাসিড নিরুদক P_2O_5 সহযোগে ফুটাইলে অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড পাওয়া যায় : $2CH_3.COOH \rightarrow (CH_3CO)_2O + H_2O$.

(*vii*) শুষ্ক সোডিয়াম অ্যাসিটেট সোডা-লাইমের সহিত উত্তপ্ত করিলে মিথেন উৎপন্ন হয় : $CH_3.COONa + NaOH \rightarrow CH_4 + Na_2CO_3$. উত্তাপ প্রয়োগে ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট ও অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট বিযোজিত হইয়া যথাক্রমে অ্যাসিটোন ও অ্যাসিট্যামাইড গঠন করে। $(CH_3COO)_2Ca \rightarrow CH_3.CO.CH_3 + CaCO_3$; $CH_3.COONH_4 \rightarrow CH_3.CONH_2 + H_2O$.

(ঘ) **ব্যবহার :**—অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রধানতঃ কৃত্রিম রেশম সেলুলোজ অ্যাসিটেট প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড উৎপাদনে প্রয়োজন হয়। (১) প্রকৃতি-জাত রবার জমাট বাঁধাইতে, (২) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড, অ্যাসিটোন, ক্লোরো-অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রভৃতি প্রস্তুতিতে, (৩) ফেনাসেটিন, অ্যাস্পিরিন প্রভৃতি ঔষধ উৎপাদনে এবং (৪) পরীক্ষাগারে বিকারক ও দ্রাবক হিসাবে অ্যাসেটিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। বিভিন্ন অ্যাসিটেট যথা অ্যামাইল ও ইথাইল অ্যাসিটেট (সুগন্ধি দ্রব্য ও দ্রাবক রূপে), অ্যালুমিনিয়াম ও ক্রোমিয়াম অ্যাসিটেট (রঞ্জন শিল্পে), সোডিয়াম অ্যাসিটেট (ঔষধে), ভিনাইল অ্যাসিটেট (প্লাষ্টিক উৎপাদনে) এবং ক্ষারীয় কপার অ্যাসিটেট (সবুজ রং হিসাবে) প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ভিনিগার সাধারণতঃ নানাপ্রকার খাবার, চাটনি ইত্যাদি তৈয়ারী করিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ৩৮৫। (ক) ভিনিগার কি ? ইহা কিরূপে প্রস্তুত করা হয় ? (খ) কিরূপে (*i*) অ্যাসিটিলিন ও (*ii*) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড হইতে অ্যাসেটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। (গ) অ্যাসেটিক অ্যাসিড কিভাবে সনাক্ত করিবে ?

উত্তর : (ক) অ্যাসেটিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবণকে (4—10%) ভিনিগার বা সিকা বলে। বাজারে ইহার চাহিদা খুবই বেশী। উৎসেচক অ্যাসিটো-ব্যাকটার জীবাণু দ্বারা সন্ধান প্রক্রিয়ার সাহায্যে লঘু ইথাইল অ্যালকোহল দ্রবণকে (6 – 10%) বায়ুর উপস্থিতিতে জারিত করিয়া ভিনিগারের পণ্য উৎপাদন করা হয় : $CH_3.CH_2OH + 2O \rightarrow CH_3.COOH + H_2O$. ইহা দ্রুত ভিনিগার পদ্ধতি নামে পরিচিত।

একটি বড় কাঠের পিপাতে ভিনিগারে সিক্ত কাঠের গুঁড়া রাখা হয়; ইহাতে কাঠের গুঁড়ার উপর অ্যাসিটো-ব্যাকটার জীবাণু জন্মে। এইবার উপর হইতে কাঠের গুঁড়ায় নিম্নমানের লঘু (6—10%) ইথাইল অ্যালকোহল দ্রবণ ধীরে ধীরে ফেলা হয় এবং নীচ হইতে নিয়ন্ত্রিত বায়ু উপরের দিকে পরিচালিত করা হয়। বিক্রিয়াটি তাপ-শোষক বলিয়া অ্যালকোহল প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত করিয়া উষ্ণতা 35° – 40°C রাখা হয়। জীবাণুর সান্নিধ্যে অ্যালকোহল বায়ুস্থিত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া লঘু অ্যাসেটিক অ্যাসিড বা ভিনিগার উৎপন্ন করে। ইহা নীচের ছিদ্রপথে বাহিরে আসিয়া কাঠের পাত্রে সঞ্চিত হয়।

(খ) (*i*) বর্তমানে অ্যাসিটিলিন হইতে গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিডের পণ্য

উৎপাদন করা হয়। প্রথমে 70°C উষ্ণতায় 1% মারকিউরিক সালফেট দ্রবীভূত 20% H_2SO_4-এর দ্রবণের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ইহার সহিত এক অণু জলের সংযোজনে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। ইহাকে পরে 60°C উষ্ণতায় অনুঘটক ম্যাঙ্গানাস অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে বায়ু দ্বারা জারিত করিলে অ্যাসেটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH\equiv CH+H_2O\rightarrow CH_3.CHO\xrightarrow{O}CH_3.COOH$$

(ii) কাঠের অন্তর্ধূম পাতনের সময় প্রাপ্ত উপজাত দ্রব্য পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডে প্রায় 8-10% অ্যাসেটিক অ্যাসিড থাকে। ইহাকে ফুটাইয়া উত্থিত বাষ্পকে চুন-গোলার ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে ক্যালসিয়াম লবণে রূপান্তরিত করা হয়। প্রাপ্ত ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে 250°C উষ্ণতায় বিশুষ্ক করিয়া পরে গাঢ় H_2SO_4 সহ পাতিত করিলে 40% অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাকে কষ্টিক সোডা দ্বারা প্রশমিত করিয়া ঘনীভূত করিলে সোডিয়াম অ্যাসিটেট, $CH_3COONa.3H_2O$ কেলাসিত হয়। পরে ইহাকে উত্তাপ প্রয়োগে অনার্দ্র করিয়া গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত মিশাইয়া পাতিত করিলে বিশুদ্ধ তথা গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(গ) **সনাক্তকরণ**—(১) প্রশম অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণে প্রশমিত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইলে লাল বর্ণের ফেরিক অ্যাসিটেট দ্রবণ উৎপন্ন হয়; ইহাকে ফুটাইলে বাদামী বর্ণের ক্ষারকীয় অ্যাসিটেটের অধঃক্ষেপ পড়ে। (২) অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে স্বল্প পরিমাণ ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত গরম করিয়া শীতল অবস্থায় জল মিশাইলে ইথাইল অ্যাসিটেটের সুমিষ্ট গন্ধ পাওয়া যায়। (৩) অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে KOH দ্রবণ যোগে প্রশমিত করিয়া বিশুদ্ধ অবস্থায় সামান্য আর্সেনিয়াস অক্সাইড সহ উত্তপ্ত করিলে উৎকট গন্ধযুক্ত ক্যাকোডিল অক্সাইড উৎপন্ন হয়। (৪) অ্যাসেটিক অ্যাসিড টোলেন বিকারককে বিজারিত করিয়া ধাতব সিলভার অধঃক্ষেপ করে না।

প্রশ্ন : ৩৮৬। (ক) অ্যাসেটিক অ্যাসিডের কয়েকটি পণ্য উৎপাদন পদ্ধতির বিবরণ দাও। (খ) অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে কি উপায়ে (i) মিথেন, (ii) ইথেন, (iii) অ্যাসিটোন, (iv) ইথাইল অ্যাসিটেট, (v) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড, (vi) অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড, (vii) অ্যাসিট্যামাইড পাওয়া যায়?

উত্তর : (ক) ৩৮৫ (ক) ও (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) (i) অ্যাসেটিক অ্যাসিডের মধ্যে কষ্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিয়া প্রশমিত করিলে সোডিয়াম অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়। দ্রবণকে বিশুষ্ক করিয়া সোডা-লাইমের সহিত উত্তপ্ত করিলে মিথেন পাওয়া যায়। $CH_3.COOH+NaOH\rightarrow CH_3.COONa+H_2O$; $CH_3.COONa+NaOH\rightarrow CH_4+Na_2CO_3$.

(ii) সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণকে প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে ইথেন ও CO_2 গ্যাস এবং ক্যাথোডে কষ্টিক সোডা দ্রবণ ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়: $2CH_3.COONa+2H_2O \rightarrow CH_3.CH_3+2CO_2+2NaOH+H_2$.

(iii) অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে চুন-জল দ্বারা প্রশমিত করিয়া বিশুষ্ক করিলে কঠিন ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট পাওয়া যায়। ইহাকে উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটোন বাষ্পাকারে নির্গত হয়: $(CH_3.COO)_2Ca \rightarrow CH_3.CO.CH_3+CaCO_3$.

(iv) অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহলের মিশ্রণ নিরুদক গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করিলে সুগন্ধি ইথাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়।

$$CH_3.COOH+C_2H_5OH \rightarrow CH_3.COOC_2H_5+H_2O$$

(v) ৩৮৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (iv) অংশ দেখ।

(vi) ৩৮৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (vi) অংশ দেখ।

(vii) অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে NH_4OH দ্রবণ যোগে প্রশমিত করিয়া বিশুষ্ক করিলে অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট পাওয়া যায়। ইহাকে উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন হয়: $CH_3.COONH_4 \rightarrow CH_3.CONH_2+H_2O$.

প্রশ্ন: ৩৮৭। (ক) অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড ও কিটোন, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড শ্রেণীভুক্ত জৈব যৌগগুলির মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর। অথবা, অ্যালডিহাইড ও কিটোন যে অ্যালকোহলের জারণের ফলে এবং কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের বিজারণের ফলে উৎপন্ন হয় তাহা উপযুক্ত উদাহরণসহ দেখাও।

উত্তর: (i) ইথাইল অ্যালকোহলকে $Na_2Cr_2O_7$ ও লঘু H_2SO_4 যোগে অল্প উত্তপ্ত করিলে ইথাইল অ্যালকোহল জারিত হইয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়: $CH_3.CH_2OH+O \rightarrow CH_3.CHO+H_2O$. পক্ষান্তরে, সোডিয়াম পারদ-সংকর ও জলের বিক্রিয়ায় উদ্ভূত জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা অ্যাসিট্যালডিহাইড বিজারিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে: $CH_3.CHO+2H \rightarrow CH_3.CH_2OH$. অর্থাৎ যে-কোন প্রাইমারী অ্যালকোহল এইভাবে অ্যালডিহাইডে জারিত হয় এবং যে কোন অ্যালডিহাইড একইভাবে প্রাইমারী অ্যালকোহলে বিজারিত হয়।

আবার, আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল $K_2Cr_2O_7$ ও H_2SO_4 দ্বারা অ্যাসিটোনে জারিত হয়: $CH_3.CHOH.CH_3+O \rightarrow CH_3.CO.CH_3+H_2O$. পক্ষান্তরে, অ্যাসিটোন জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহলে বিজারিত হয়: $CH_3.CO.CH_3+2H \rightarrow CH_3.CHOH.CH_3$. অর্থাৎ সেকেণ্ডারী অ্যালকোহল কিটোনে জারিত হয় এবং কিটোন বিজারিত হইয়া সেকেণ্ডারী অ্যালকোহলে পরিণত হয়।

অতএব দেখা যায়, অ্যালকোহলের জারণের ফলে অ্যালডিহাইড ও কিটোন উৎপন্ন হয়।

(ii) অ্যাসিট্যালডিহাইড $K_2Cr_2O_7$ ও H_2SO_4 দ্বারা জারিত হইয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে : $CH_3.CHO+O \rightarrow CH_3.COOH$. আবার অ্যাসিটোনকে একইভাবে জারিত করিলে উহা অ্যাসেটিক অ্যাসিডে পরিণত হয় : $CH_3.CO.CH_3 + 4O \rightarrow CH_3.COOH + CO_2 + H_2O$ অর্থাৎ জারণের ফলে অ্যালডিহাইড ও কিটোন অ্যাসিডে পরিণত হয়।

অ্যাসিডকে সরাসরি বিজারিত করিয়া অ্যালডিহাইড বা কিটোন পাওয়া যায় না কিন্তু ইহা পরোক্ষভাবে করা যায়। অ্যাসেটিক অ্যাসিডের সহিত PCl_5 বা PCl_3-এর বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিল ক্লোরাইড পাওয়া যায়। ইহাকে প্যালেডিয়াম ধাতু ও $BaSO_4$-এর উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিলে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

$$CH_3.COOH + PCl_5 \rightarrow CH_3.COCl + POCl_3 + HCl$$
$$CH_3.COCl + H_2 \rightarrow CH_3.CHO + HCl$$

অতএব দেখা যায়, অ্যালডিহাইড ও কিটোন কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের বিজারণের ফলে উৎপন্ন হয়।

সুতরাং, **অ্যালকোহল** $\underset{\text{বিজারণ}}{\overset{\text{জারণ}}{\rightleftharpoons}}$ **অ্যালডিহাইড/কিটোন** $\underset{\text{বিজারণ (পরোক্ষভাবে)}}{\overset{\text{জারণ}}{\rightleftharpoons}}$ **কার্বক্সিলিক অ্যাসিড**

প্রশ্ন : ৩৮৮। (ক) এস্টার কি ? (খ) পরীক্ষাগারে কিভাবে বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয় ? (গ) ইহার ধর্ম উল্লেখ কর। (ঘ) সাবানীভবন বলিতে কি বুঝায় ?

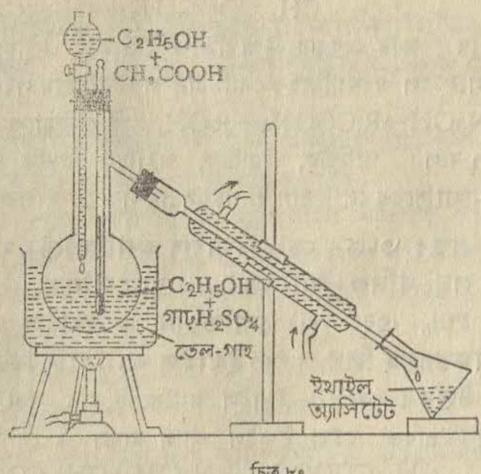
উত্তর : (ক) জৈব ও অজৈব অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন আংশিক বা সম্পূর্ণরূপে অ্যালকিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে শ্রেণীর যৌগ গঠন করে তাহাদিগকে এস্টার বলে। ইথাইল অ্যাসিটেট, $CH_3.COOC_2H_5$ একটি জৈব এস্টার এবং ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট, $C_2H_5.HSO_4$ একটি অজৈব এস্টার। জৈব এস্টারগুলি সাধারণতঃ বর্ণহীন, সুগন্ধযুক্ত তরল।

(খ) **প্রস্তুতি**—পরীক্ষাগারে নিরুদক গাঢ় H_2SO_4 বা HCl গ্যাসের উপস্থিতিতে ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয় :

$$CH_3.COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3.COOC_2H_5 + H_2O.$$

বিন্দুপাতী ফানেল ও থার্মোমিটারযুক্ত একটি পাতন-ফ্লাস্কে সম-আয়তনের ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লওয়া হয়। ফ্লাস্কের পার্শ্ব-নলের সহিত লিবিক-শীতক যুক্ত করিয়া অপর প্রান্তে শীতক নলটি একটি গ্রাহক-পাত্রের ভিতরে রাখা হয়। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে তৈল-গাহে 140°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া উত্তপ্ত মিশ্রণে বিন্দুপাতী ফানেল হইতে সম-আয়তনের ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডের মিশ্রণ ধীরে ধীরে যোগ করা হয়। উৎপন্ন ইথাইল অ্যাসিটেট পাতিত

হইয়া গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। পাতন-ক্রিয়া আরম্ভ হইলে ফানেল হইতে পাতিত তরলের একই হারে ফ্লাস্কের মধ্যে অ্যালকোহল-অ্যাসেটিক অ্যাসিডের মিশ্রণ যোগ করা হয়। পাতিত তরলে অবিকৃত ইথাইল অ্যাল-কোহল ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড এবং সামান্য ডাই-ইথাইল ইথার ও জল মিশ্রিত থাকে। পরিশেষে পাতিত তরল বিয়োজী ফানেলে লইয়া সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ দ্বারা প্রক্ষালন করিলে অবিকৃত অ্যালকোহল ও অ্যাসিড অপসারিত হয়। অতঃপর গলিত $CaCl_2$ দ্বারা ইথাইল অ্যাসিটেট জলমুক্ত করিয়া ফুটন্ত জল-গাহে পাতিত করিলে বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যাসিটেট পাওয়া যায়।



চিত্র ৮০

(গ) **ভৌত ধর্ম**—ইথাইল অ্যাসিটেট বর্ণহীন, সুগন্ধি প্রশম তরল, স্ফুটনাঙ্ক 77°C. ইহা জল অপেক্ষা হাল্‌কা এবং জলে প্রায় অদ্রবণীয়। ইহা অ্যালকোহল ও ইথারে দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ইথাইল অ্যাসিটেট ফুটন্ত জলের সহিত অতি ধীরে কিন্তু খনিজ অ্যাসিড বা ক্ষারের উপস্থিতিতে দ্রুত আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডে বিয়োজিত হয়। $CH_3.COOC_2H_5+H_2O \rightleftharpoons C_2H_5OH +CH_3.COOH$.

(ii) স্বাভাবিক উষ্ণতায় ইথাইল অ্যাসিটেটের সহিত গাঢ় অ্যামোনিয়া মিশাইলে অ্যাসিট্যামাইড ও ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়: $CH_3.COOC_2H_5+NH_3 \rightarrow CH_3.CONH_2+C_2H_5OH$.

(ii) অল্প অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে ইহাকে মিথাইল অ্যালকোহলের সহিত কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করিলে মিথাইল অ্যাসিটেট এস্টার পাওয়া যায়: $CH_3.COOC_2H_5 +CH_3OH \rightarrow CH_3.COOCH_3+C_2H_5OH$.

(iv) PCl_5-এর সহিত ইথাইল অ্যাসিটেটকে উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিটিল ক্লোরাইড ও ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়: $CH_3.COOC_2H_5+PCl_5 \rightarrow CH_3.COCl+ C_2H_5Cl+POCl_3$.

(v) সোডিয়াম ও অ্যালকোহলের সহিত ইথাইল অ্যাসিটেট ফুটাইলে উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন ইথাইল অ্যাসিটেটকে ইথাইল অ্যালকোহলে বিজারিত করে।

$$CH_3.COOC_2H_5 + 4H \rightarrow 2C_2H_5OH$$

(ঘ) ক্ষার দ্রবণের উপস্থিতিতে যে-কোন এস্টার সহজেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যালকোহল ও অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণ উৎপন্ন করে : $R.COOR' + NaOH \rightarrow R.COONa + R'OH$. এই প্রক্রিয়াকে সাবানীভবন বা saponification বলে। পামিটিক, ষ্টিয়ারিক, অলিয়িক প্রভৃতি উচ্চতর আণবিক ওজন বিশিষ্ট জৈব অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণকে সাধারণ সাবান বলে।

প্রশ্ন : ৩৮৯। (ক) ইথাইল অ্যাসিটেটের সহিত (i) লঘু NaOH দ্রবণ, (ii) লঘু খনিজ অ্যাসিড, (iii) আমোনিয়া, (iv) মিথাইল অ্যালকোহল, (v) PCl_5 এবং (vi) সোডিয়াম ও ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়া সমীকরণসহ লিখ। (খ) ইথাইল অ্যাসিটেটের ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) (i) ইথাইল অ্যাসিটেট লঘু NaOH দ্রবণের সহিত ফুটাইলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহল ও সোডিয়াম অ্যাসিটেট গঠন করে।

$$CH_3.COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3.COONa + C_2H_5OH$$

(ii)—(iv) ৩৮৮ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের যথাক্রমে (i), (ii), (iii), (iv) ও (v) অংশ দেখ।

(খ) **ব্যবহার**—ফটোগ্রাফীর পর্দা প্রস্তুতিতে প্রয়োজনীয় নাইট্রোসেলুলোজের দ্রাবক হিসাবে ইথাইল অ্যাসিটেট প্রধানতঃ ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম রজন, গদ এবং স্ফুটনাঙ্ক পদ্ধতিতে আণবিক ওজন নির্ধারণেও ইহা দ্রাবকরূপে কাজ করে। ইথাইল অ্যাসিটেট ঔষধে উদ্দীপকরূপে, সুগন্ধি দ্রব্য হিসাবে এবং খাদ্যদ্রব্য সুরভিত করিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন : ৩৯০। কার্বন ও হাইড্রোজেন হইতে আরম্ভ করিয়া কিরূপে (i) অ্যাসিটিলিন, (ii) অ্যাসিট্যালডিহাইড, (iii) ইথাইল অ্যালকোহল, (iv) অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও (v) ইথাইল অ্যাসিটেট পাওয়া যায়।

উত্তর : (i) **অ্যাসিটিলিন**—একটি শক্ত কাচের বাল্বে হাইড্রোজেন গ্যাসে দুইটি কার্বন তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে তড়িৎ-আর্ক সৃষ্ট করিলে (2500°C) কার্বন ও হাইড্রোজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটে এবং অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন হয় : $2C + H_2 \rightarrow C_2H_2$. এই অ্যাসিটিলিন অন্যান্য যৌগ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(ii) **অ্যাসিট্যালডিহাইড**—৩৭৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

(iii) **ইথাইল অ্যালকোহল**—অ্যাসিট্যালডিহাইডের সহিত সোডিয়াম পারদ-সংকর ও জল মিশাইলে উহা বিজারিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। সোডিয়াম পারদ-সংকর ও জলের বিক্রিয়ায় উদ্ভূত জায়মান হাইড্রোজেন এই বিজারণ কার্য ঘটায় : $CH_3.CHO + 2H \rightarrow CH_3.CH_2OH$.

(iv) **অ্যাসেটিক অ্যাসিড**—৩৮৫ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।

(v) **ইথাইল অ্যাসিটেট**—৩৮৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের নীতি দেখ। (অ্যাসিট্যাল-ডিহাইড জারিত হইয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড এবং বিজারিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে।)

প্রশ্ন : ৩৯১। অ্যাসিটিলিন হইতে কিরূপে (i) অ্যাসিট্যালডিহাইড, (ii) ইথাইল অ্যালকোহল, (iii) ইথার, (iv) অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিবে ?

উত্তর : (i) **অ্যাসিট্যালডিহাইড**—৩৭৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

(ii) **ইথাইল অ্যালকোহল**—৩৯০ (iii) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(iii) **ইথার**—পূর্বোক্ত উপায়ে প্রস্তুত ইথাইল অ্যালকোহল অতিরিক্ত পরিমাণে লইয়া উহার সহিত গাঢ় H_2SO_4 মিশাইয়া 140°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়ার ফলে ইথার উৎপন্ন হয় এবং ইহা পাতিত হইয়া শীতল গ্রাহক-পাত্রে সঞ্চিত হয় ; গাঢ় H_2SO_4 নিরুদক হিসাবে কাজ করে।

$$2C_2H_5OH+[H_2SO_4]\rightarrow C_2H_5.O.C_2H_5+H_2O+[H_2SO_4]$$

(iv) **অ্যাসেটিক অ্যাসিড**—৩৮৫ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ৩৯২। কিরূপে (ক) মিথাইল অ্যালকোহল হইতে ইথাইল অ্যালকোহল, (খ) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে মিথাইল অ্যালকোহল, (গ) অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে মিথাইল অ্যালকোহল, (ঘ) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে অ্যাসেটিক অ্যাসিড, (ঙ) অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করিবে ?

উত্তর : মিথাইল অ্যালকোহল হইতে ইথাইল অ্যালকোহল—মিথাইল অ্যালকোহলের সহিত লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের বিক্রিয়ায় মিথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। ইহাকে জলমিশ্রিত অ্যালকোহলে দ্রাবিত পটাসিয়াম সায়ানাইডের সহিত উত্তপ্ত করিলে মিথাইল সায়ানাইড পাওয়া যায়। জায়মান হাইড্রোজেন মিথাইল সায়ানাইডকে ইথাইল অ্যামিনে বিজারিত করে। ইহা নাইট্রাস অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয় এবং নাইট্রোজেন নির্গত করে। এই রূপান্তরকরণের বিভিন্ন ধাপগুলি নিম্নরূপ—

$$\underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3OH}\xrightarrow{P+I}\underset{\text{মিথাইল আয়োডাইড}}{CH_3I}\xrightarrow{KCN}\underset{\text{মিথাইল সায়ানাইড}}{CH_3.CN}\xrightarrow{\text{বিজারণ}}\underset{\text{ইথাইলঅ্যামিন}}{CH_3\,CH_2NH_2}\xrightarrow{HNO_2}\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3\,CH_2OH}$$

(খ) **ইথাইল অ্যালকোহল হইতে মিথাইল অ্যালকোহল**—ইথাইল অ্যালকোহলকে $Na_2Cr_2O_7$ ও H_2SO_4 দ্বারা জারিত করিলে অ্যাসেটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহাকে কষ্টিক সোডা দ্বারা প্রশমিত করিয়া বিশুষ্ক করিলে সোডিয়াম অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়। বিশুষ্ক সোডিয়াম অ্যাসিটেট সোডা-লাইম সহযোগে উত্তপ্ত করিলে মিথেন গ্যাস নির্গত হয়। ইহা স্বাভাবিক উষ্ণতায় ক্লোরিনের সহিত সরাসরি

বিক্রিয়ায় মিথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ইহাকে কষ্টিক পটাসের লঘু জলীয় দ্রবণের সহিত ফুটাইলে মিথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়। ধারাবাহিক বিক্রিয়াগুলি নিম্নরূপ—

$$\underset{\text{ইথাইল আলকোহল}}{CH_3.CH_2OH} \xrightarrow{\text{জারণ}} \underset{\text{অ্যাসেটিক অ্যাসিড}}{CH_3.COOH} \xrightarrow{\text{সোডা-লাইম}} \underset{\text{মিথেন}}{CH_4} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{মিথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3Cl} \xrightarrow{H_2O} \underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3.OH}$$

(গ) **অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে মিথাইল অ্যালকোহল**—অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে মিথেন প্রস্তুতি লিখ। [৩৮৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ]। মিথেন হইতে মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতির জন্য উপরের (খ) প্রশ্নোত্তরের শেষাংশ দেখ।

(ঘ) **ইথাইল অ্যালকোহল হইতে অ্যাসেটিক অ্যাসিড**—ইথাইল অ্যালকোহলকে $Na_2Cr_2O_7$ ও H_2SO_4 দ্বারা জারিত করিলে অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়: $CH_3.CH_2OH + 2O \rightarrow CH_3.COOH + H_2O$.

(ঙ) **অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে ইথাইল অ্যালকোহল**—ইথার মাধ্যমে অ্যাসেটিক অ্যাসিড অতি তীব্র বিজারক যথা লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে।

$$CH_3.COOH + 4H \rightarrow CH_3.CH_2OH + H_2O$$

প্রশ্ন: ৩৯৩। (ক) জলের সহিত (i) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড, (ii) অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড, (iii) অ্যাসিট্যামাইড, (iv) অ্যাসিটোনাইট্রাইল কিরূপে বিক্রিয়া করে? (খ) উহারা কি অবস্থায় বিজারিত হইয়া কি কি পদার্থ উৎপন্ন করে তাহা সমীকরণ সহযোগে দেখাও। (গ) অ্যাসিট্যামাইডের সহিত (i) নাইট্রাস অ্যাসিড, (ii) P_2O_5, (iii) ক্ষারের উপস্থিতিতে ব্রোমিনের বিক্রিয়া লিখ।

উত্তর: জলের সহিত ক্রিয়া: (i) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড—ইহা জলের সংস্পর্শমাত্র তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং HCl গঠন করে। $CH_3.COCl + H_2O \rightarrow CH_3.COOH + HCl$.

(ii) **অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড**—ইহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে; লঘু খনিজ অ্যাসিড বা ক্ষারের উপস্থিতিতে আর্দ্র-বিশ্লেষণ অতি দ্রুত নিষ্পন্ন হয়।

$$CH_3.CO.O\,CO.CH_3 + H_2O \rightarrow 2CH_3.COOH$$

(iii) **অ্যাসিট্যামাইড**—ইহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় অতি ধীরে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে; লঘু খনিজ অ্যাসিড বা ক্ষারের উপস্থিতিতে দ্রুত আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে।

$$CH_3.CONH_2 + H_2O \rightarrow CH_3.COOH + NH_3$$

(iv) **অ্যাসিটোনাইট্রাইল**—গাঢ় HCl বা নাতি-গাঢ় H_2SO_4 অথবা ক্ষার

দ্রবণের সহিত অ্যাসিটোনাইট্রাইল ফুটাইলে প্রথমে ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যাসিটামাইড এবং পরিশেষে অ্যাসেটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়; আর্দ্র-বিশ্লেষণের মাধ্যম অ্যাসিড হইলে অ্যামোনিয়াম লবণ কিন্তু ক্ষারকীয় হইলে অ্যামোনিয়া গ্যাস পাওয়া যায়।

$$CH_3.CN+2H_2O+HCl \rightarrow CH_3.COOH+NH_4Cl$$
$$CH_3.CN+H_2O+NaOH \rightarrow CH_3.COONa+NH_3$$

(খ) **বিজারণ : (i) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড**—অনুঘটক প্যালেডিয়ামের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিল ক্লোরাইড হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহলে বিজারিত হয় : $CH_3.COCl+2H_2 \rightarrow CH_3.CH_2OH+HCl$. কিন্তু প্যালেডিয়ামের সহিত $BaSO_4$ থাকিলে বিজারণের ফলে অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায় : $CH_3.COCl+H_2 \rightarrow CH_3.CHO+HCl$. তীব্র বিজারক লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ইথারে দ্রাবিত অবস্থায় অ্যাসিটিল ক্লোরাইডকে সরাসরি ইথাইল অ্যালকোহলে বিজারিত করে।

(ii) **অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড**—সোডিয়াম অ্যামালগাম প্রভৃতি মৃদু বিজারক ইহাকে অ্যাসিট্যালডিহাইডে বিজারিত করে কিন্তু লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড প্রভৃতি তীব্র বিজারকের সংস্পর্শে অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড সরাসরি বিজারিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়।

$$CH_3.CO.O.CO.CH_3+4H \rightarrow 2CH_3.CHO+H_2O$$
$$CH_3.CO.O.CO.CH_3+8H \rightarrow 2CH_3.CH_2OH+H_2O$$

(iii) **অ্যাসিট্যামাইড**—সোডিয়াম ও অ্যালকোহল অথবা লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড দ্বারা অ্যাসিট্যামাইড সহজেই ইথাইল অ্যামিনে বিজারিত হয়।

$$CH_3.CONH_2+4H \rightarrow CH_3.CH_2NH_2+H_2O$$

(iv) **অ্যাসিটোনাইট্রাইল**—নিকেল-চূর্ণের উপস্থিতিতে 180°C উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাস অথবা স্বাভাবিক উষ্ণতায় সোডিয়াম ও অ্যালকোহল বা জিঙ্ক ও লঘু HCl-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন অ্যাসিটোনাইট্রাইলকে বিজারিত করিয়া প্রাইমারী ইথাইলঅ্যামিনে রূপান্তরিত করে।

$$CH_3.CN+2H_2\ (\text{বা } 4H) \rightarrow CH_3.CH_2.NH_2$$

(গ) (i) অ্যাসিট্যামাইড স্বাভাবিক উষ্ণতায় নাইট্রাস অ্যাসিডের সহিত দ্রুত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে ও নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$CH_3.CONH_2+HNO_2 \rightarrow CH_3.COOH+H_2O+N_2$$

(ii) অ্যাসিট্যামাইড তীব্র নিরুদক P_2O_5-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে এক অণু জল অপসারণের ফলে উহা ইথাইল সায়ানাইডে (অ্যাসিটোনাইট্রাইলে) পরিণত হয়।

$$CH_3.CONH_2+P_2O_5 \rightarrow CH_3.CN+2HPO_3$$

(iii) ক্ষারের উপস্থিতিতে অ্যাসিট্যামাইডকে ব্রোমিনের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইহা এক পরমাণু কম কার্বনবিশিষ্ট প্রাইমারী অ্যামিন মিথাইলঅ্যামিনে রূপান্তরিত হয়। ইহাকে হফ্ম্যান বিক্রিয়া বলে।

$$CH_3.CONH_2+Br_2+4KOH \rightarrow CH_3.NH_2+K_2CO_3+2KBr+2H_2O$$

প্রশ্ন : ৩৯৪ (ক) অ্যামোনিয়ার সহিত (i) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড ও (ii) অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়া সমীকরণসহ লিখ। (খ) (i) অ্যাসিটিলেশন ও (ii) হফ্‌ম্যান অবনয়ন কি ? (গ) অ্যাসিটোনাইট্রাইলের সহিত গ্রিগনার্ড বিকারক কিরূপে বিক্রিয়া করে ? বিক্রিয়া-জাত পদার্থ আর্দ্র-বিশ্লেষণ করিলে কি পাওয়া যায় ?

উত্তর : (ক) (i) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যামাইড ও HCl গঠন করে ; উৎপন্ন HCl অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সহিত সংযোগে NH_4Cl-এ পরিণত হয় : $CH_3.COCl+2NH_3 \rightarrow CH_3.CONH_2+NH_4Cl$.

(ii) অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড স্বাভাবিক উষ্ণতায় গাঢ় অ্যামোনিয়ার সহিত মিশাইলে অ্যাসিট্যামাইড এবং অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট গঠিত হয়।

$$CH_3.CO.O.CO.CH_3+2NH_3 \rightarrow CH_3\ CONH_2+CH_3.COONH_4$$

(খ) (i) **অ্যাসিটিলেশন**—অ্যাসিটিল ক্লোরাইড ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত স্বাভাবিক উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিয়া ইথাইল অ্যাসিটেট এস্টার ও HCl গ্যাস উৎপন্ন করে ; এক্ষেত্রে অ্যাসিটিল ক্লোরাইডের অ্যাসিটিল মূলক অ্যালকোহলস্থিত $-OH$ মূলকের হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। এই বিক্রিয়া অ্যাসিটিলেশন (aceylation) নামে অভিহিত ; ইহার সাহায্যে জৈব যৌগে $-OH$ মূলকের উপস্থিতি এবং উহার পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

$$CH_3\ COCl+HO.C_2H_5 \rightarrow CH_3.COOC_2H_5+HCl$$

(ii) **হফ্‌ম্যান অবনয়ন**—অ্যাসিট্যামাইডকে গাঢ় KOH দ্রবণ ও ব্রোমিনের সহিত উত্তপ্ত করিলে মিথাইল অ্যামিন পাওয়া যায় : $CH_3.CONH_2+Br_2+4KOH \rightarrow CH_3.NH_2+K_2CO_3+2KBr+2H_2O$.

উপরোক্ত বিক্রিয়াটি তিনটি পর্যায়ে সম্পন্ন হয়। প্রথমে স্বাভাবিক উষ্ণতায় অ্যাসিট্যামাইড ব্রোমিনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্রোমা-অ্যাসিট্যামাইডে পরিণত হয় ; দ্বিতীয় পর্যায়ে গাঢ় ক্ষার দ্রবণে ইহা উত্তপ্ত অবস্থায় মিথাইল আইসো-সায়ানেটে রূপান্তরিত হয় এবং পরিশেষে মিথাইল অ্যামিন উৎপন্ন করে। (১) $CH_3.CONH_2+Br_2 \rightarrow CH_3.CONHBr+HBr$; (২) $CH_3.CONHBr+KOH \rightarrow CH_3.NCO+KBr+H_2O$; (৩) $CH_3.NCO+2KOH \rightarrow CH_3.NH_2+K_2CO_3$. ইহা হফ্‌ম্যান অবনয়ন নামে পরিচিত। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে কোন জৈব যৌগের কার্বন-শৃংখল হ্রস্বতর করিয়া অধস্তন যৌগ প্রস্তুত করা যায়। এইভাবে ইথাইল অ্যালকোহলকে মিথাইল অ্যালকোহলে এবং প্রোপিওনিক অ্যাসিডকে অ্যাসেটিক অ্যাসিডে রূপান্তরকরণ সম্ভব হয়।

(গ) অ্যাসিটোনাইট্রাইল গ্রিগনার্ড বিকারকের সহিত যুত-যৌগ গঠন করে ; ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যাসিটোনে পরিণত হয় : $CH_3.CN+CH_3.MgBr \rightarrow (CH_3)_2.CNMgBr \xrightarrow{H_2O} CH_3.CO.CH_3+MgBrNH_2$.

প্রশ্ন : ৩৯৫। মিথাইল অ্যামিনের সহিত (i) অ্যালকোহলীয় পটাস দ্রবণ ও ক্লোরোফর্ম, (ii) নাইট্রাস অ্যাসিড, (iii) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড বা অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড, (iv) HCl-এর বিক্রিয়া লিখ। (খ) কিভাবে প্রপিওনিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসেটিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ?

উত্তর : (ক) (i) অ্যালকোহলীয় পটাস দ্রবণ ও ক্লোরোফর্মের সহিত মিথাইল অ্যামিন ঈষৎ উষ্ণ করিলে তীব্র উৎকট গন্ধযুক্ত বিষাক্ত মিথাইল আইসো-সায়ানাইড বা কার্বাইল অ্যামিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$CH_3.NH_2 + CHCl_3 + 3KOH \rightarrow CH_3.NC + 3KCl + 3H_2O$$

(ii) সাধারণ উষ্ণতায় মিথাইল অ্যামিন নাইট্রাস অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া মিথাইল অ্যালকোহল গঠন করে এবং বুদ্‌বুদসহ নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$CH_3.NH_2 + HNO_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O + N_2$$

(iii) মিথাইল অ্যামিন স্বাভাবিক উষ্ণতায় অ্যাসিটিল ক্লোরাইড বা অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইডের সহিত বিক্রিয়ায় মিথাইল অ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন করে।

$$CH_3.NH_2 + CH_3.COCl \rightarrow CH_3.NHCO.CH_3 + HCl$$

$$CH_3.NH_2 + (CH_3.CO)_2O \rightarrow CH_3.NH\,CO.CH_3 + CH_3.COOH$$

(iv) মিথাইল অ্যামিন ক্ষার পদার্থ বলিয়া খনিজ অ্যাসিড HCl-এর সহিত কেলাসিত মিথাইল অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড লবণ গঠন করে।

$$CH_3.NH_2 + HCl \rightarrow CH_3.NH_2.HCl$$

(খ) **প্রোপিওনিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসেটিক অ্যাসিড**—প্রপিওনিক অ্যাসিডকে অ্যামোনিয়া যোগে প্রশমিত করিয়া বিশুষ্ক করিলে অ্যামোনিয়াম প্রোপিওনেট পাওয়া যায়। ইহাকে উত্তাপ প্রয়োগে পাতিত করিলে প্রপিওন্যামাইড উৎপন্ন হয়। অতঃপর ইহাকে গাঢ় KOH দ্রবণ ও ব্রোমিনের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে ইথাইল অ্যামিন গঠিত হয়। পরে ইহাকে নাইট্রাস অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিলে ইথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়। ইথাইল অ্যালকোহলকে $Na_2Cr_2O_7$ ও H_2SO_4 দ্বারা জারিত করিলেই অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। ধারাবাহিক বিক্রিয়াগুলি নিম্নরূপ—

$$\underset{\text{প্রপিওনিক অ্যাসিড}}{CH_3.CH_2COOH} \xrightarrow{NH_3} \underset{\text{অ্যামোনিয়াম প্রপিওনেট}}{CH_3.CH_2.COONH_4} \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} \underset{\text{প্রোপিওন্যামাইড}}{CH_3.CH_2.CONH_2}$$

$$\xrightarrow{Br_2+KOH} \underset{\text{ইথাইল অ্যামিন}}{CH_3.CH_2NH_2} \xrightarrow{HNO_2} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3.CH_2OH} \xrightarrow{\text{জারণ}} \underset{\text{অ্যাসেটিক অ্যাসিড}}{CH_3.COOH}$$

প্রশ্ন : ৩৯৬। সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :— (i) উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ, (ii) কার্বাইলঅ্যামিন বিক্রিয়া, (iii) হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া, (iv) সন্ধান প্রক্রিয়া ও উৎসেচক, (v) রোজেনমাণ্ড বিজারণ, (vi) ক্যানিজ্যারো বিক্রিয়া, (vii) অ্যালডল কনডেনসেশন, (viii) কনডেনসেশন, (ix) অ্যাসিটিলেশন, (x) হফম্যান অবনয়ন।

উত্তর : (i) **উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ**—৩৭৩ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) **কার্বাইল অ্যামিন বিক্রিয়া**—৩৬৩ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।

(ii) **হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া**—৩৬৩ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

(iv) **সন্ধান প্রক্রিয়া ও উৎসেচক**—৩৬৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(v) **রোজেনমাণ্ড বিজারণ**—অ্যাসিড ক্লোরাইডকে $BaSO_4$ মিশ্রিত প্যালেডিয়াম অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিলে অ্যালডিহাইডে পরিণত হয় : $R.COCl+H_2 \rightarrow R.CHO+HCl$ এই বিজারণকে রোজেনমাণ্ড বিজারণ বলে। $BaSO_4$ বাধকরূপে কাজ করিয়া অ্যালডিহাইড পর্যন্ত আংশিক বিজারণ ঘটায়; ফলে অ্যাসিড ক্লোরাইড পুরোপুরি বিজারিত হইয়া অ্যালকোহলে পরিণত হইতে পারে না। এই প্রক্রিয়ায় অ্যাসিটিল ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন করে : $CH_3.COCl+H_2 \rightarrow CH_3.CHO+HCl.$

(vi) **ক্যানিজ্যারো বিক্রিয়া**—৩৭৫ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(vii) **অ্যালডল কনডেনসেশন**—৩৭৭ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (vi) অংশ দেখ।

(viii) **কনডেনসেশন**—৩৮১ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(ix) **অ্যাসিটিলেশন**—৩৯৪ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।

(x) **হফ্ম্যান অবনয়ন**—৩৯৪ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ৩৯৭। কি ঘটে, সমীকরণ সহযোগে বর্ণনা কর :—

(i) শুষ্ক ইথার মাধ্যমে সোডিয়াম ও মিথাইল আয়োডাইড মিশাইয়া ঈষৎ উষ্ণ করা হয়; (ii) অতিরিক্ত চাপে উত্তপ্ত অনুঘটকের উপর দিয়া জল-গ্যাস ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ চালনা করা হয়; (iii) দ্রাক্ষা-শর্করার (গ্লুকোজ) লঘু দ্রবণে কয়েকটি ঈস্ট কোষ মিশান হয়; (iv) উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়া ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্প প্রবাহিত করা হয়; (v) ফরম্যালডিহাইডের সহিত জিঙ্ক ক্লোরাইড মিশাইয়া অল্প উত্তপ্ত করা হয়; (vi) ইথাইল অ্যালকোহল ও বিরঞ্জক-চূর্ণের মিশ্রণ পাতিত করা হয়; (vii) উষ্ণ ইথাইল অ্যালকোহল ও কষ্টিক সোডার মিশ্র দ্রবণে আয়োডিন যোগ করা হয়; (viii) বিশুষ্ক ক্যালসিয়াম ফরমেটকে উত্তাপ প্রয়োগে পাতিত করা হয়; (ix) অধিক চাপে লঘু H_2SO_4-এর সহিত ইথার উত্তপ্ত করা হয়; (x) ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সহিত জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাস অ্যামোনিয়াযুক্ত Cu_2Cl_2 দ্রবণের ভিতর প্রবাহিত করা হয়; (xi) ইথিলিনের সহিত ওজোনিত অক্সিজেনের বিক্রিয়া ঘটাইয়া বিক্রিয়া-জাত পদার্থ আর্দ্র-বিশ্লেষিত করা হয়; (xii) মারকিউরিক সালফেটের উপস্থিতিতে লঘু উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের মধ্যে অ্যাসিটিলিন গ্যাস চালনা করা হয়; (xiii) উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড বাষ্প প্রবাহিত করা হয়; (xiv) মারকিউরিক

ক্লোরাইডের দ্রবণে ফরমিক অ্যাসিড মিশান হয় ; (xv) **সোডিয়াম ও অ্যালকোহলের সহিত ইথাইল অ্যাসিটেট ফুটান হয় ;** (xvi) **ক্যাল-সিয়াম অ্যাসিটেটকে শুষ্ক পাতন করিয়া উৎপন্ন পদার্থের সহিত সংপৃক্ত $NaHSO_3$ দ্রবণের বিক্রিয়া ঘটান হয় ;** (xvii) **অ্যাসিট্যালডিহাইড দ্রবণের মধ্যে টোলেন বিকারক (সিলভার অক্সাইড) যোগ করা হয়।**

উত্তর : (i) শুষ্ক ইথার মাধ্যমে শীতল অবস্থায় সোডিয়াম ও মিথাইল আয়োডাইড মিশাইয়া পরে উষ্ণ করিলে ইথেন গ্যাস এবং সোডিয়াম আয়োডাইড উৎপন্ন হয় : $2CH_3I+2Na \rightarrow CH_3.CH_3+2NaI$. ইহাকে ভূর্তজ বিক্রিয়া বলে।

(ii) 200 বায়ু চাপে ও 300°C উষ্ণতায় জল-গ্যাস ও হাইড্রোজেনের 1 : 1 আয়তনের মিশ্রণকে অনুঘটক জিঙ্ক অক্সাইড ও ক্রোমিয়াম অক্সাইডের মিশ্রণের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

$$(CO+H_2)+H_2 \rightarrow CH_3OH$$

(iii) দ্রাক্ষা-শর্করার লঘু দ্রবণে কিছু ঈস্ট কোষ মিশাইলে কিছুক্ষণের মধ্যেই দ্রবণে প্রচুর ফেনা জন্মে এবং দ্রবণে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় ও CO_2 নির্গত হয়। ঈস্টের অভ্যন্তরস্থ জাইমেস নামক উৎসেচক দ্রাক্ষা-শর্করাকে সন্ধান প্রক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল ও CO_2-এ বিযোজিত করে।

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH+2CO_2$$

(iv) 250°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়া ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্প প্রবাহিত করিলে ডাই-ইথাইল ইথার উৎপন্ন হয়।

$$2C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5.O.C_2H_5+H_2O$$

(v) ৩৭৭ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (vi) অংশ দেখ।

(vi) ইথাইল অ্যালকোহল ও বিরঞ্জক-চূর্ণের মিশ্রণ পাতিত করিলে ক্লোরোফর্ম পাওয়া যায়। পরে ৩৬২ (খ) নং প্রশ্নোত্তর অনুযায়ী নীতি ও বিক্রিয়া লিখ।

(vii) উষ্ণ ইথাইল অ্যালকোহল ও কষ্টিক সোডার মিশ্র দ্রবণে আয়োডিন যোগ করিয়া ঠাণ্ডা করিলে হলুদ বর্ণের আয়োডোফর্মের কেলাস পাওয়া যায়। বিক্রিয়ার জন্য ৩৬৩ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(viii) বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম ফরমেটকে উত্তাপ প্রয়োগে পাতিত করিলে ফরম্যাল-ডিহাইড পাওয়া যায় ; পাতন-ফ্লাস্কে ক্যালসিয়াম কার্বনেট পড়িয়া থাকে।

$$(H.COO)_2Ca \rightarrow H.CHO+CaCO_3$$

(ix) অধিক চাপে লঘু H_2SO_4-এর সহিত ইথার উত্তপ্ত করিলে ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়।

$$C_2H_5.O.C_2H_5+H_2O \rightarrow 2C_2H_5OH$$

(x) সাধারণ উষ্ণতায় ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সহিত জলের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহাকে অ্যামোনিয়াযুক্ত Cu_2Cl_2 দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে লাল বর্ণের কপার অ্যাসিটিলাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$CaC_2+2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2+C_2H_2$; $Cu_2Cl_2+C_2H_2 \rightarrow Cu_2C_2+2HCl$

(xi) ৩৫৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (iii) অনুচ্ছেদের (৬) অংশ দেখ।

(xii) ৩৫৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (iii) অনুচ্ছেদের (৪) অংশ দেখ।

(xiii) 400°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড বাষ্প প্রবাহিত করিলে অ্যাসিটোন পাওয়া যায় ; সেইসঙ্গে CO_2 নির্গত হয়।

$$2CH_3.COOH \rightarrow CH_3.CO.CH_3 + CO_2 + 2H_2O$$

(xiv) মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে ফরমিক অ্যাসিড যোগ করিলে সাদা মারকিউবাস ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে এবং CO_2 নির্গত হয়। ফরমিক অ্যাসিডের বিজারণ ধর্মের জন্য এইরূপ ঘটে।

$$2HgCl_2 + H.COOH \rightarrow Hg_2Cl_2 + CO_2 + 2HCl$$

(xv) ৩৮৮ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (v) অংশ দেখ।

(xvi) ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে শুষ্ক পাতন করিলে অ্যাসিটোন পাওয়া যায়। ইহার সহিত সংপৃক্ত সোডিয়াম বাই-সালফাইট দ্রবণ মিশাইলে অ্যাসিটোন বাই-সালফাইটের যুত যৌগ উৎপন্ন হয়।

$$(CH_3.COO)_2Ca \rightarrow CH_3.CO.CH_3 + CaCO_3$$

$$(CH_3)_2C=O + NaHSO_3 \rightarrow (CH_3)_2.C(OH)SO_3Na$$

(xvii) অ্যাসিট্যালডিহাইড দ্রবণের মধ্যে টোলেন বিকারক (অ্যামোনিয়ায় দ্রাবিত Ag_2O) যোগ করিলে ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়: $CH_3.CHO + Ag_2O \rightarrow CH_3.COOH + 2Ag$. অ্যাসিট্যালডিহাইড তীব্র বিজারক দ্রব্য বলিয়া ইহা টোলেন বিকারককে ধাতব সিলভারে বিজারিত করে এবং নিজে অ্যাসেটিক অ্যাসিডে জারিত হয়।

———

চতুর্বিংশ অধ্যায়	অ্যারোমেটিক যৌগসমূহ

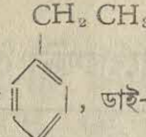
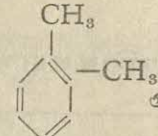
প্রশ্ন : ৩৯৮। (ক) অ্যারোমেটিক যৌগের বৈশিষ্টগুলি উল্লেখ কর। অথবা, অ্যারোমেটিক যৌগ অ্যালিফ্যাটিক যৌগ হইতে বিসদৃশ হয় কেন? (খ) অ্যারোমেটিক যৌগের উৎস কি? (গ) নিউক্লিয়াস ও পার্শ্ব-শৃংখল কি?

উত্তর : (ক) অ্যারোমেটিক যৌগে ছয় পরমাণু কার্বন বিশিষ্ট বেঞ্জিন বলয়ের উপস্থিতি হেতু ইহাদের নিজস্ব কতকগুলি বিশিষ্ট ধর্ম দেখা যায়। বেঞ্জিন বলয় গঠনে ইলেকট্রন-বিন্যাস স্বতন্ত্র ধরণের বলিয়া ইহা অত্যধিক স্থিতিশীল হয়। ফলে নানাবিধ বিক্রিয়ায় বেঞ্জিন বলয়ের মূল গঠন অক্ষুন্ন থাকে, শুধুমাত্র বলয় সংলগ্ন হাইড্রোজেন পরমাণু অপর পরমাণু বা ক্রিয়াশীল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। বেঞ্জিন বলয়ের এইরূপ ইলেকট্রন-বিন্যাসের জন্যই অ্যারোমেটিক যৌগ অ্যালিফ্যাটিক যৌগ অপেক্ষা অধিক স্থিতিশীল। আবার বেঞ্জিন বলয়স্থিত দ্বি-বন্ধ পুরাপুরি দ্বি বন্ধ হয়, আধা দ্বি বন্ধ মাত্র; সেই কারণে এই দ্বি-বন্ধগুলি ইথিলিনের দ্বি-বন্ধ হইতে স্বতন্ত্র ধরণের। ফলে ইথিলিনিক দ্বি-বন্ধের সক্রিয়তা বেঞ্জিন বলয়ে খুবই কম দেখা যায়। অধিকন্তু বেঞ্জিন বলয় অতিশয় স্থিতিশীল বলিয়া অ্যারোমেটিক যৌগে সংযোজন বিক্রিয়া অপেক্ষা প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার প্রবণতা অনেক বেশী পরিস্ফুট। ইহা ছাড়া বেঞ্জিন বলয় হইতে উদ্ভূত ফিনাইল মূলকের (C_6H_5-) কাঠামো অ্যালকিল মূলকের কাঠামো হইতে সম্পূর্ণরূপে ভিন্ন বলিয়া উহাদের সহিত একই সক্রিয় ক্রিয়াশীল মূলকের সংযুক্তির ফলে গঠিত অ্যারোমেটিক ও অ্যালিফ্যাটিক যৌগগুলি অধিকাংশ ক্ষেত্রেই ধর্মে বিভিন্ন হয় কারণ উপরোক্ত মূলকগুলি বিভিন্ন ভাবে প্রভাবিত হয়। সেইজন্যই একই শ্রেণীভুক্ত অ্যারোমেটিক ও অ্যালিফ্যাটিক যৌগের ধর্মের মধ্যে প্রভূত পার্থক্য দেখা যায়।

(খ) অ্যারোমেটিক যৌগগুলি প্রধানতঃ প্রাণী ও উদ্ভিদ জগৎ হইতে পাওয়া যায়। ইহাদের প্রধানতম উৎস আলকাতরা। আধুনিককালে পেট্রোলিয়াম হইতে বিশেষ পদ্ধতিতে অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করিয়া উহা হইতে বিভিন্ন শ্রেণীর অ্যারোমেটিক যৌগ প্রস্তুত করা হয়।

(গ) অ্যারোমেটিক যৌগে দুইটি সুস্পষ্ট অংশ থাকে; যথা—(১) নিউক্লিয়াস ও (২) পার্শ্ব-শৃঙ্খল। যে-কোন অ্যারোমেটিক যৌগ হইতে নানাবিধ বিক্রিয়ার সাহায্যে বেঞ্জিনের কার্বন-সংখ্যা অপেক্ষা কম সংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত বৃত্তাকার অ্যারোমেটিক যৌগ পাওয়া যায় না; অর্থাৎ ছয়টি কার্বন-পরমাণু সমন্বিত অন্ততঃ একটি বেঞ্জিন বলয় সমস্ত অ্যারোমেটিক যৌগে উপস্থিত থাকে। ইহাই অ্যারোমেটিক যৌগের প্রধান বৈশিষ্ট্য। এই বেঞ্জিন বলয়কে অ্যারোমেটিক যৌগের নিউক্লিয়াস বলে। আবার

বেঞ্জিনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু বিভিন্ন অ্যালকিল মূলক CH_3-, C_2H_5-ইত্যাদি দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া বিভিন্ন অ্যালকিল বেঞ্জিন উৎপন্ন করে ; যেমন

টলুইন , ইথাইল বেঞ্জিন , ডাই-মিথাইল বেঞ্জিন  প্রভৃতি।

বেঞ্জিন বলয়ে যুক্ত অ্যালকিল মূলকগুলিকে তথা অ্যালিফ্যাটিক অংশকে পার্শ্ব-শৃঙ্খল বলে।

প্রশ্ন : ৩৯৯। (ক) আলকাতরা হইতে কিভাবে বেঞ্জিন পাওয়া যায় ? ইহা কিভাবে বিশুদ্ধ করা হয় ? অথবা, **বেঞ্জিনের শিল্প প্রস্তুতি কিরূপে করা হয় ?** (খ) **বেঞ্জিনের ব্যবহার লিখ।**

উত্তর : (ক) কয়লার অন্তর্ধূম পাতন হইতে প্রাপ্ত আলকাতরাকে আংশিক পাতন করিয়া বেঞ্জিনের পণ্য উৎপাদন করা হয়। আলকাতরার আংশিক পাতন ক্রিয়ায় 170°C উষ্ণতায় সর্বপ্রথম যে তরল পাতিত হইয়া আসে তাহাকে লঘু তেল বলে। ইহার ঘনত্ব 0·92 ; ইহাতে বেঞ্জিন (45 – 70%), টলুইন (10 – 20%), জাইলিন (2 – 7%) প্রভৃতি প্রশম হাইড্রোকার্বন, অল্প পরিমাণে অম্ল-ধর্মী ফিনল, সামান্য ক্ষারক-ধর্মী অ্যানিলিন, পিরিডিন প্রভৃতি, জল এবং থায়োফিন (C_4H_4S) থাকে। এই লঘু তেলকে পুনরায় আংশিক পাতন করিয়া 70°C উষ্ণতার নীচে সংগৃহীত পাতিত তরলকে পরিত্যাগ করা হয় ; অবশিষ্ট পাতিত তরলে প্রায় 65% বেঞ্জিন থাকে। ইহাকে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে ঝাঁকাইলে ক্ষারকজাতীয় অ্যানিলিন, পিরিডিন প্রভৃতি এবং অধিকাংশ থায়োফিন অ্যাসিডে দ্রাবিত হইয়া অপসারিত হয়। পরে অবশিষ্ট তেলের সঙ্গে 7 – 10% কষ্টিক সোডার দ্রবণ মিশাইয়া আলোড়িত করিলে অম্লধর্মী ফিনল ও সালফিউরিক অ্যাসিডের অবশেষ দূরীভূত হয় ; অতঃপর ইহাকে জল দ্বারা ধুইলে প্রশম তরল পাওয়া যায়। প্রশম তরলকে পুনরায় আংশিক পাতিত করিয়া, যথাক্রমে 80° – 100°C, 110° – 140°C এবং 140° – 170°C উষ্ণতায় তিনটি বিভিন্ন পাতিত তরল অংশ সংগ্রহ করা হয়। এই তিনটি তরল অংশে যথাক্রমে 84% বেঞ্জিন, 46% বেঞ্জিন এবং প্রধানতঃ জাইলিন থাকে ; ইহাদের 90% বেনজল, 50% বেনজল ও দ্রাবক ন্যাপথা বলা হয়। প্রথম দুইটি তরল অংশকে পুনঃ পাতন করিলে 80° – 81°C উষ্ণতায় বেঞ্জিন এবং প্রায় 110°C উষ্ণতায় টলুইন পাতিত হইয়া আসে।

বিশুদ্ধিকরণ—এইভাবে প্রাপ্ত বেঞ্জিনে সামান্য টলুইন ও থায়োফিন মিশ্রিত থাকে। অবিশুদ্ধ বেঞ্জিন হিম-মিশ্রে ঠাণ্ডা করিলে 5·4°C উষ্ণতায় বেঞ্জিন কেলাসিত হয় ; ইহাকে পরিস্রুত করিয়া আনুষঙ্গিক তরল পৃথক করিলেই বিশুদ্ধতর বেঞ্জিন পাওয়া যায়। ইহাতে প্রায় 0·5% থায়োফিন থাকে ; কারণ উভয়েই ধর্মে অধিক সাদৃশ্যযুক্ত বলিয়া থায়োফিনমুক্ত বেঞ্জিন প্রস্তুত করা খুবই কঠিন কাজ। তবে গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত বেঞ্জিন পুনঃ পুনঃ প্রক্ষালন দ্বারা থায়োফিন অপসারিত করিয়া প্রায় বিশুদ্ধ বেঞ্জিন প্রস্তুত করা যায়।

(খ) **ব্যবহার :**—বেঞ্জিন প্রধানতঃ তেল ও চর্বি, রবার, রেজিন প্রভৃতির দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। শুষ্ক পদ্ধতিতে ধোলাইয়ের জন্য ও পেট্রোলিয়ামের সহিত মিশাইয়া জ্বালানীরূপে বেঞ্জিন ব্যবহৃত হইয়া থাকে। বেঞ্জিন হইতে অনেক গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক পদার্থ যথা নাইট্রোবেঞ্জিন, ফিনল, ক্লোরোবেঞ্জিন, ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয় ; এই সমস্ত যৌগ হইতে নানাবিধ ঔষধ, রঞ্জক ও প্লাষ্টিক দ্রব্য, জীবাণুনাশক, বিস্ফোরক, কৃত্রিম তন্তু প্রভৃতি প্রস্তুত হইয়া থাকে।

প্রশ্ন : ৪০০। (ক) বেঞ্জিন কিরূপে (i) অ্যাসিটিলিন ও (ii) ফিনল হইতে প্রস্তুত হয়? (খ) কি অবস্থায় বেঞ্জিন (i) ক্লোরিন, (ii) HNO_3, (iii) H_2SO_4, (iv) H_2, (v) ওজোন ও (vi) মিথাইল আয়োডাইডের সহিত বিক্রিয়া করে? (গ) ফ্রিডেল-ক্রাফটস্ বিক্রিয়া কি?

উত্তর : (ক) (i) লোহিত তপ্ত (400°—500°C) কাচ নলের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে সামান্য পরিমাণে বেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।

$$3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$$

(ii) উত্তপ্ত দস্তা-রজের উপর দিয়া বাষ্পাকারে ফিনল প্রবাহিত করিলে অথবা দস্তা-রজের সহিত ফিনল মিশাইয়া পাতিত করিলে বিজারণের ফলে বেঞ্জিন পাওয়া যায়।

$$C_6H_5OH + Zn \rightarrow C_6H_6 + ZnO$$

(খ) (i) উজ্জ্বল সূর্যালোকে বা 60°C উষ্ণতায় বেঞ্জিনের মধ্য দিয়া ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে বেঞ্জিন হেক্সা-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় : $C_6H_6 + 3Cl_2 \rightarrow C_5H_6Cl_6$. কিন্তু স্বাভাবিক উষ্ণতায় আয়োডিন, লৌহ-চূর্ণ, অনার্দ্র $AlCl_3$, $FeCl_3$ প্রভৃতি ক্লোরিন-বাহক অনুঘটকের উপস্থিতিতে বেঞ্জিনের ভিতর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে বেঞ্জিনের হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি পর পর ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া মনো-, ডাই-, ট্রাই- ও পরিশেষে হেক্সা-ক্লোরো বেঞ্জিন উৎপন্ন করে এবং প্রতি ধাপে এক অণু HCl গ্যাস নির্গত হয়।

$$\underset{\text{বেঞ্জিন}}{C_6H_6} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} \underset{\text{মনোক্লোরো-}}{C_6H_5Cl} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} \underset{\text{ডাইক্লোরো-}}{C_6H_4Cl_2} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} \underset{\text{ট্রাইক্লোরো-}}{C_6H_3Cl_3} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2}$$

$$\underset{\text{টেট্রাক্লোরো-}}{C_6H_2Cl_4} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} \underset{\text{পেন্টাক্লোরো-}}{C_6HCl_5} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} \underset{\text{হেক্সাক্লোরোবেঞ্জিন}}{C_6Cl_6}$$

(ii) লঘু HNO_3-এর সহিত বেঞ্জিন কোনরূপ বিক্রিয়া করে না। কিন্তু অনধিক 60°C উষ্ণতায় সম-আয়তন গাঢ় HNO_3 ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণের সহিত বেঞ্জিনের বিক্রিয়ায় নাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় বেঞ্জিনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একযোজী নাইট্রো মূলক, $-NO_2$ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় ; এক্ষেত্রে H_2SO_4 নিরুদকরূপে কাজ করে : $C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5.NO_2 + H_2O$. অধিক উষ্ণতায় এই বিক্রিয়া ঘটাইলে ডাই-নাইট্রোবেঞ্জিন পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিকে নাইট্রেশন বলা হয়।

(iii) স্বাভাবিক উষ্ণতায় বেঞ্জিনের সহিত ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বেঞ্জিনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু সালফোনিক অ্যাসিড মূলক, $-SO_3H$ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া বেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও বেঞ্জিনের মিশ্রণ কয়েক ঘণ্টা ধরিয়া ফুটাইলেও বেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই পদ্ধতিকে সালফোনেশন বলা হয়।

$$C_6H_6 + H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5 \cdot SO_3H + H_2O$$

(iv) বেঞ্জিন বাষ্পের সহিত হাইড্রোজেন মিশাইয়া মিশ্রণকে 180° – 200°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত সূক্ষ্ম নিকেল-চূর্ণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে বেঞ্জিনের সহিত তিন অণু হাইড্রোজেনের সংযুক্তিতে হেক্সা-হাইড্রোবেঞ্জিন বা সাইক্লোহেক্সেন উৎপন্ন হয়; এক্ষেত্রে নিকেল-চূর্ণ অনুঘটক হিসাবে কাজ করে। $C_6H_6 + 3H_2 \rightarrow C_6H_{12}$.

(v) স্বাভাবিক উষ্ণতায় ওজোনিত অক্সিজেন বেঞ্জিনের ভিতর দিয়া চালনা করিলে বেঞ্জিনের সহিত তিন অণু ওজোনের সংযুক্তিতে বেঞ্জিন ট্রাই-ওজোনাইড উৎপন্ন হয়। ইহা দুঃস্থিত যৌগ এবং সহজেই বিস্ফোরণ ঘটায়। ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া গ্লাইঅক্সাল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড গঠন করে।

$$C_6H_6 + 3O_3 \rightarrow C_6H_6O_9 \xrightarrow{H_2O} 3CHO.CHO + 3H_2O_2$$

(vi) অনার্দ্র $AlCl_3$-এর উপস্থিতিতে মিথাইল আয়োডাইড অতিরিক্ত বেঞ্জিনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে মিথাইল বেঞ্জিন বা টলুইন উৎপন্ন হয়। ইহা ফ্রিডেল-ক্রাফটস্ বিক্রিয়া নামে পরিচিত। এই বিক্রিয়ায় অনার্দ্র $AlCl_3$ অনুঘটকের কাজ করে।

$$C_6H_6 + CH_3I \rightarrow C_6H_5.CH_3 + HI$$

(গ) অনার্দ্র $AlCl_3$-এর উপস্থিতিতে অ্যালকিল হ্যালাইডের সহিত বেঞ্জিন উত্তপ্ত করিলে বেঞ্জিনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যালকিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া অ্যালকিল বেঞ্জিন উৎপন্ন করে। যেমন এইভাবে অনার্দ্র মিথাইল ক্লোরাইড বা আয়োডাইড ও অতিরিক্ত বেঞ্জিনের বিক্রিয়ার ফলে মিথাইল বেঞ্জিন বা টলুইন পাওয়া যায়। ইহাকে ফ্রিডেল-ক্রাফটস্ বিক্রিয়া বলে। এই বিক্রিয়ায় অনার্দ্র $AlCl_3$ অনুঘটকের কাজ করে। $C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5.CH_3 + HCl$.

এই বিক্রিয়ার সাহায্যে বেঞ্জিন বলয়ে বিভিন্ন অ্যালকিল বা অ্যাসিল মূলক অনুপ্রবেশ করাইয়া বিভিন্ন অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন যৌগ প্রস্তুত করা যায়। বেঞ্জিনের সহিত অ্যালকিন, ইথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিল ক্লোরাইড প্রভৃতিও অনার্দ্র $AlCl_3$-এর সংস্পর্শে ফ্রিডেল-ক্রাফটস্ বিক্রিয়া ঘটায়। যেমন অ্যাসিটিল ক্লোরাইড ও বেঞ্জিনের মধ্যে এই বিক্রিয়ার ফলে কিটোন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_6 + CH_3.COCl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5.CO.CH_3 + HCl$$

প্রশ্ন : ৪০১। (ক) নাইট্রোবেঞ্জিনের পরীক্ষাগার প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর। (খ) ইহার ব্যবহার লিখ। (গ) নাইট্রোবেঞ্জিনের বিজারণে কি অবস্থায় কি যৌগ উৎপন্ন হয় সমীকরণসহ লিখ। (ঘ) ইহার অপর যে কোন দুইটি ধর্ম উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—পরীক্ষাগারে 30° - 50° উষ্ণতায় গাঢ় HNO_3 ও গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত বেঞ্জিন মিশাইয়া নাইট্রোবেঞ্জিন প্রস্তুত করা হয়।

$$C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5.NO_2 + H_2O$$

একটি ফ্লাস্কে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড (80 সি. সি.) লইয়া উহাতে ধীরে ধীরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (120 সি. সি.) ঢালিয়া কাচদণ্ডের সাহায্যে নাড়িয়া মিশান হয় এবং এই অ্যাসিডের মিশ্রণকে জলের প্রবাহ দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয়। অতঃপর একটি গোলতল ফ্লাস্কে (500 সি. সি.) বেঞ্জিন লইয়া (50 সি. সি.) উহাতে উপরোক্ত শীতল মিশ্র অ্যাসিড অল্প অল্প করিয়া (2 বা 3 সি. সি.) যোগ করা হয় এবং প্রত্যেক বার মিশ্র অ্যাসিড যোগ করিয়া ফ্লাস্কটি ভালভাবে নাড়িয়া প্রয়োজনমত শীতল জলধারায় ঠাণ্ডা করা হয় যাহাতে তরলের উষ্ণতা 55°C অতিক্রম না করে; কারণ উচ্চতর উষ্ণতায় কিছু মেটা-ডাইনাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়। এইভাবে ফ্লাস্কের মধ্যে সকল মিশ্র অ্যাসিড যোগ করিয়া ফ্লাস্কটি জল-গাহে 60°C উষ্ণতায় কিছুক্ষণ পর পর ভালভাবে নাড়িয়া আধ ঘণ্টা গরম করা হয়। অতঃপর বিক্রিয়া-শেষে বিয়োজী ফানেলে তরল মিশ্রণ ঢালিয়া নীচের অবিকৃত অ্যাসিড স্তর পৃথক করা হয়; উপরের স্তরে প্রধানতঃ তৈল সদৃশ নাইট্রোবেঞ্জিন পড়িয়া থাকে। উহাকে যথাক্রমে জল, সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ ও পুনরায় জল দ্বারা ধুইয়া অ্যাসিড-মুক্ত করা হয়; প্রত্যেক ক্ষেত্রেই নাইট্রোবেঞ্জিন নীচের স্তরে থাকে। ইহাকে একটি ছোট ফ্লাস্কে লইয়া উহাতে কয়েক খণ্ড অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া নির্জল করা হয়। পরে বায়ু-শীতক ব্যবহার করিয়া ইহাকে পাতিত করিলে 207° - 211°C উষ্ণতায় প্রায় বিশুদ্ধ নাইট্রোবেঞ্জিন পাতিত হইয়া সংগৃহীত হয়।

(খ) **ব্যবহার**—নাইট্রোবেঞ্জিন প্রধানতঃ অ্যানিলিন ও বেঞ্জিডিন প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়; রঞ্জক দ্রব্য উৎপাদনে ইহাদের চাহিদা খুব বেশী। ইহা ছাড়া সস্তা সাবান, জুতার কালি প্রভৃতি সুগন্ধিযুক্ত করিতে এবং ট্রাই-নাইট্রোবেঞ্জিন তথা T.N.B. নামক তীব্র বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে নাইট্রোবেঞ্জিন ব্যবহৃত হয়। ইহা ফ্রিডেল-ক্রাফটস্ বিক্রিয়ায় দ্রাবক হিসাবেও ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(গ) নাইট্রোবেঞ্জিনের বিজারণ মুলতঃ পার্শ্ব-শৃংখলস্থিত কার্যকরী নাইট্রো মূলকের বিজারণ বুঝায়। ইহা দ্রবণের অ্যাসিড, ক্ষার বা প্রশম মাধ্যমের উপর এবং বিজারক পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে; ফলে বিভিন্ন অবস্থায় ভিন্ন ভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন হয়। যেমন—

(১) **আম্লিক দ্রবণে**—নাইট্রোবেঞ্জিনকে টিন বা আয়রন ও গাঢ় HCl, জিঙ্ক ও

গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রমুখ ধাতু-অ্যাসিড মিশ্রণ দ্বারা বিজারিত করিলে উদ্ভূত জায়মান হাইড্রোজেন উহাকে সরাসরি অ্যানিলিনে রূপান্তরিত করে।

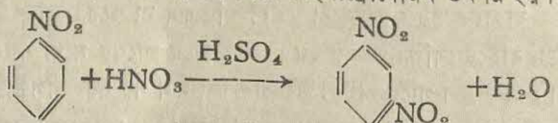
$$C_6H_5.NO_2 + 6H \rightarrow C_6H_5.NH_2 + 2H_2O$$

(২) **ক্ষারীয় দ্রবণে**—জিঙ্ক-চূর্ণ ও ফুটন্ত NaOH দ্রবণ অথবা স্ট্যানাস ক্লোরাইড ও NaOH দ্রবণের সহিত নাইট্রোবেঞ্জিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন উহাকে যথাক্রমে অ্যাজোক্সিবেঞ্জিন, অ্যাজোবেঞ্জিন এবং পরিশেষে হাইড্রাজোবেঞ্জিনে বিজারিত করে।

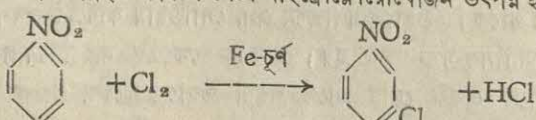
$$\underset{\text{নাইট্রোবেঞ্জিন}}{2C_6H_5.NO_2} \xrightarrow[-3H_2O]{6H} \underset{\text{অ্যাজোক্সিবেঞ্জিন}}{\begin{matrix} C_6H_5.N\rightarrow O \\ \| \\ C_6H_5.N \end{matrix}} \xrightarrow[-H_2O]{2H} \underset{\text{অ্যাজোবেঞ্জিন}}{\begin{matrix} C_6H_5.N \\ \| \\ C_6H_5.N \end{matrix}} \xrightarrow{2H} \underset{\text{হাইড্রাজোবেঞ্জিন}}{\begin{matrix} C_6H_5.NH \\ | \\ C_6H_5.NH \end{matrix}}$$

(৩) **প্রশম দ্রবণে**—জিঙ্ক-চূর্ণ ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ গরম করিলে উদ্ভূত জায়মান হাইড্রোজেন নাইট্রোবেঞ্জিনকে বিজারিত করিয়া প্রধানতঃ ফিনাইল হাইড্রক্সিলামিন উৎপন্ন করে : $C_6H_5.NO_2 + 4H \rightarrow C_6H_5.NHOH + H_2O$.

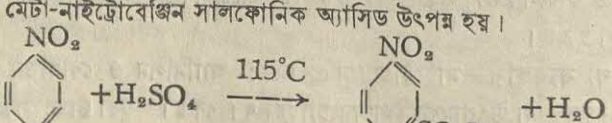
(ঘ) (i) নাইট্রোবেঞ্জিনের সহিত গাঢ় H_2SO_4 ও ধূমায়মান HNO_3 মিশাইয়া মিশ্রণটি ফুটন্ত জল-গাহে উত্তপ্ত করিলে মেটা-ডাইনাট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।



(ii) ক্লোরিন-বাহক অনুঘটক লৌহ-চূর্ণের উপস্থিতিতে নাইট্রোবেঞ্জিনের ভিতর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে মেটা-নাইট্রোক্লোরোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।



(iii) 115°C উষ্ণতায় নাইট্রোবেঞ্জিন ও ধূমায়মান H_2SO_4 একত্রে মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে মেটা-নাইট্রোবেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



প্রশ্ন : ৪০২। (ক) পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ অ্যানিলিন প্রস্তুতি বিবৃত কর। অথবা, নাইট্রোবেঞ্জিন হইতে কিভাবে বিশুদ্ধ অ্যানিলিন প্রস্তুত করা হয়? (খ) স্টীম পাতন কি? (গ) অ্যানিলিনের ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর। (ঘ) কিভাবে ইহা সনাক্ত করা হয়?

উত্তর : (ক) **প্রস্তুতি**—পরীক্ষাগারে নাইট্রোবেঞ্জিনকে টিন ও গাঢ় HCl দ্বারা বিজারিত করিয়া অ্যানিলিন প্রস্তুত করা হয়।

$$C_6H_5.NO_2 + 6H \rightarrow C_6H_5.NH_2 + 2H_2O$$
$$C_6H_5.NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5.NH_2.HCl$$

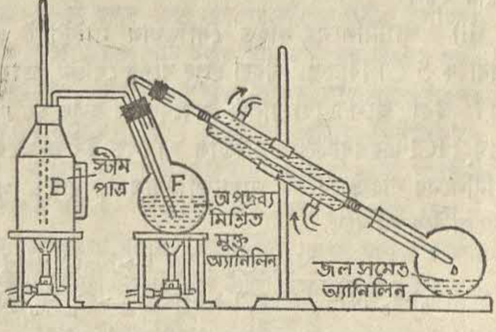
বায়ু-শীতক যুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে নাইট্রোবেঞ্জিন (25 গ্রাম) ও টিন দানা (50 গ্রাম) লইয়া উহাতে বিন্দুপাতী ফানেল হইতে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (100 সি. সি.) অল্প অল্প করিয়া (5 – 10 সি. সি.) যোগ করা হয় এবং প্রত্যেক বার অ্যাসিড যোগ করিয়া ফ্লাস্কটি ভালভাবে নাড়া হয়। বিক্রিয়ার ফলে প্রচুর তাপ উদ্ভূত হয়; সেইজন্য ফ্লাস্কটি প্রয়োজনমত জল-গাহে ঠাণ্ডা করা হয় যেন মিশ্রণটি না ফোটে। প্রায় আধ ঘণ্টার মধ্যে সমস্ত অ্যাসিড যোগ করিয়া ফ্লাস্কটি বায়ু-শীতক ছাড়া ফুটন্ত জল-গাহে আধ ঘণ্টা গরম করা হয়। ইহাতে বিক্রিয়ার পরিসমাপ্তি ঘটে। টিন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন নাইট্রোবেঞ্জিনকে অ্যানিলিনে বিজারিত করে। অ্যানিলিন ক্ষারক পদার্থ বলিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত সংযোগে অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$2C_6H_5.NO_2 + 3Sn + 14HCl = 2C_6H_5.NH_2.HCl + 3SnCl_4 + 4H_2O$$

বিক্রিয়া-শেষে ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা করিয়া উহাতে অতিরিক্ত গাঢ় (50%) কষ্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিয়া ক্ষারীয় করিলে লবণ হইতে অ্যানিলিন মুক্ত হইয়া গাঢ় বাদামী বর্ণের তেলের মত উপরে ভাসিয়া উঠে। ইহাকে স্টীম পাতন দ্বারা পৃথক করা হয়।

পাতিত তরল দুইটি স্তরে বিভক্ত হয়; নীচের স্তরে অ্যানিলিন এবং উপরের স্তরে জল ও অ্যানিলিনের ইমালসন থাকে। ইহাতে খাদ্যলবণের গুঁড়া যোগ করিয়া ইথার দ্বারা অ্যানিলিন দ্রাবিত করিয়া নিষ্কাশিত করা হয়। পরে অনার্দ্র কষ্টিক পটাস দ্বারা ইহা নির্জল করিয়া গরম জল-গাহে বসাইয়া ইথার পাতিত করিলে অ্যানিলিন পাতন-ফ্লাস্কে পড়িয়া থাকে। অবশেষে বায়ু-শীতক ব্যবহার করিয়া ফ্লাস্কটিকে সরাসরি উত্তপ্ত করিলে 182° – 185°C উষ্ণতায় অ্যানিলিন পাতিত হইয়া আসে। এইভাবে বিশুদ্ধ অ্যানিলিন পাওয়া যায়।

(খ) B পাত্রে জল ফুটাইয়া উত্থিত স্টীমকে নল দ্বারা F ফ্লাস্কের মুক্ত অ্যানিলিন মিশ্রিত তরলের ভিতর চালনা করা হয়। ফ্লাস্কটির সহিত লিবিগ-শীতক ও গ্রাহক-পাত্র যুক্ত করিয়া উহাকে বালি-গাহে উত্তপ্ত করিলে অ্যানিলিন স্টীমের সহিত বাষ্পাকারে নির্গত হয়। অ্যানিলিন বাষ্প ও স্টীম উভয়েই লিবিগ-শীতকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় ঘনীভূত হইয়া গ্রাহক পাত্রে তরলরূপে সঞ্চিত হয়। ইহাকে স্টীম পাতন বলে। জৈব তরল জলে অদ্রাব্য কিন্তু স্টীমের সহিত বাষ্পায়িত হইলে স্টীম পাতন দ্বারা উহাকে মিশ্রিত অপদ্রব্য হইতে পৃথক করিয়া পরিশুদ্ধ করা হয়।



চিত্র ৮১

(গ) **ব্যবহার**—অ্যানিলিন প্রধানতঃ বিভিন্ন রং উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়; নীল এবং অন্যান্য অ্যানিলিন-রঞ্জক ইহা হইতে প্রস্তুত হয়। বিভিন্ন সালফা-ড্রাগ, ঘুমের জন্য অ্যাটক্সিল, জ্বরের জন্য অ্যান্টিফেব্রিণ প্রভৃতি নানা প্রকারের ঔষধ প্রস্তুতে অ্যানিলিন ব্যবহৃত হয়। রবার শিল্পে দ্রাবকরূপে ইহা সালফার যুক্ত করিতে সহায়তা করে।

(ঘ) **সনাক্তকরণ**—(১) অ্যানিলিনের সহিত ক্লোরোফর্ম ও অ্যালকোহলীয় কষ্টিক পটাস মিশাইয়া ঈষৎ উষ্ণ করিলে ফিনাইল কার্বাইল অ্যামিনের অতি উৎকট অথচ বিশিষ্ট গন্ধ পাওয়া যায়। (২) বিরঞ্জক-চূর্ণ অথবা হাইপো-ক্লোরাইটের লঘু দ্রবণে কয়েক ফোঁটা অ্যানিলিন যোগ করিলে ক্ষণস্থায়ী বেগুনী রং দেখা যায়; ইহা কিছুক্ষণের মধ্যেই বাদামী বর্ণ ধারণ করে ও পরে বর্ণহীন হয়। (৩) অ্যানিলিনে অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম নাইট্রাইট দ্রবণ যোগ করিয়া শীতল অবস্থায় উহাতে কষ্টিক সোডায় দ্রাবিত β-ন্যাপথল দ্রবণ মিশাইলে উজ্জ্বল লাল রং সৃষ্টি হয়।

প্রশ্ন: ৪০৩। (ক) অ্যানিলিনের সহিত (i) খনিজ অ্যাসিড, (ii) সোডিয়াম নাইট্রাইট ও লঘু HCl, (iii) ক্লোরোফর্ম ও অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস দ্রবণ, (iv) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড বা অ্যাসেটিক অ্যাসিড, (v) ক্লোরিন বা ব্রোমিন, (vi) সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া সমীকরণসহ লিখ। (খ) ডায়াজোটিজেশন ও ডায়াজো বিক্রিয়া বলিতে কি বুঝায়? কাপলিং কি? (গ) অ্যানিলিনকে কিভাবে ফিনল ও বেঞ্জিনে পরিণত করা যায়?

উত্তর: (ক) (i) অ্যানিলিন মৃদু ক্ষারধর্মী বলিয়া HCl, H_2SO_4 প্রভৃতি খনিজ অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ইহা যথারীতি বর্ণহীন, কেলাসিত ও সহজ-দ্রাব্য লবণ গঠন করে; যথা অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড $C_6H_5.NH_2.HCl$, অ্যানিলিন সালফেট $(C_6H_5.NH_2)_2.H_2SO_4$ ইত্যাদি। ইহাদের জলীয় দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে আম্লিক হয়।

(ii) অ্যানিলিনের সহিত সোডিয়াম নাইট্রাইট ও লঘু HCl শীতল অবস্থায় (অনধিক 5°C) বিক্রিয়া করিয়া হলুদ বর্ণের বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ইহা জলে দ্রাব্য বলিয়া দ্রবণের বর্ণ হলুদ হয়। প্রথমে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও লঘু HCl-এর বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে; ইহা HCl-এর উপস্থিতিতে অ্যানিলিনের সহিত বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে। এই বিক্রিয়াকে ডায়াজোটিজেশন বলে।

$$NaNO_2 + HCl \rightarrow NaCl + HNO_2$$

$$C_6H_5.NH_2 + HCl + HNO_2 \rightarrow C_6H_5.N{=}N.Cl + 2H_2O$$

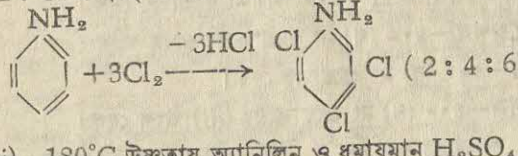
(iii) ৩৬৩ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।

(iv) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড বা গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিডের সহিত অ্যানিলিন উত্তপ্ত করিলে ইহার অ্যামিনো,—NH_2 মূলকের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যাসিটিল

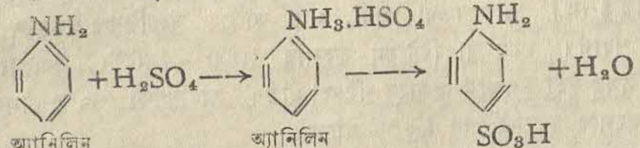
মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং অ্যাসিট্যানিলাইড উৎপন্ন করে। ইহা কেলাসিত ও সুনির্দিষ্ট গলনাঙ্ক বিশিষ্ট (114°C) ; ফলে ইহা অ্যানিলিন সনাক্তকরণে সহায়তা করে।

$$C_6H_5.NH_2+CH_3.COCl \rightarrow C_6H_5.NHCOCH_3+HCl$$
$$C_6H_5.NH_2+CH_3.COOH \rightarrow C_6H_5.NH\,COCH_3+H_2O$$

(v) স্বাভাবিক উষ্ণতায় ক্লোরিন বা ব্রোমিন জলের সহিত অ্যানিলিন বিক্রিয়া করিয়া 2 : 4 : 6 ট্রাই-ক্লোরো বা ট্রাই-ব্রোমো অ্যানিলিন গঠন করে।


(2 : 4 : 6 ট্রাই-ক্লোরো অ্যানিলিন)

(vi) 180°C উষ্ণতায় অ্যানিলিন ও ধূমায়মান H_2SO_4 একত্রে মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে প্যারা-অ্যামিনোবেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড বা সালফ্যানিলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। মধ্যম ধাপে অবশ্য অ্যানিলিন হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয় ; ইহাই আণবিক পুনর্বিন্যাসের ফলে এক অণু জল বিচ্ছিন্ন হইয়া সালফ্যানিলিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়।


অ্যানিলিন   অ্যানিলিন হাইড্রোজেন সালফেট   সালফ্যানিলিক অ্যাসিড

(খ) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অ্যানিলিন দ্রবীভূত করিয়া উহাকে হিম-মিশ্রে প্রায় −5°C উষ্ণতায় শীতল করা হয়। এই হিম-শীতল মিশ্রণে ধীরে ধীরে অল্প অল্প সোডিয়াম নাইট্রাইট দ্রবণ যোগ করিয়া কাচদণ্ডের সাহায্যে নাড়া হয় যেন ইহাতে সামান্য মুক্ত নাইট্রাস অ্যাসিড (বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন) থাকে। এমতাবস্থায় উৎপন্ন বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত থাকে বলিয়া দ্রবণের বর্ণ হলুদ হয়। এই প্রক্রিয়ার নাম ডায়াজোটিজেশন। এই হলুদ বর্ণের দ্রবণের সহিত কষ্টিক সোডায় দ্রাবিত ফিনল দ্রবণ মিশাইলে সঙ্গে সঙ্গে উজ্জ্বল গাঢ় হলুদ অ্যাজো-রঞ্জক উৎপন্ন হয় ; আবার সেই দ্রবণ কষ্টিক সোডায় দ্রাবিত β-ন্যাপথল দ্রবণের সহিত লাল রঞ্জক উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াকে কাপলিং (coupling) বলা হয়। এই দুই প্রক্রিয়া মিলিতভাবে ডায়াজো বিক্রিয়া নামে অভিহিত। ইহার সাহায্যে প্রাইমারী অ্যারোমেটিক অ্যামিন সনাক্ত করা যায়। [বিক্রিয়ার সমীকরণের জন্য ৪০৩ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।]

(গ) উপরোক্ত উপায়ে বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে উহা বিশ্লিষ্ট হইয়া ফিনল উৎপন্ন করে এবং সঙ্গে নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় : $C_6H_5.N{=}NCl+H_2O \rightarrow C_6H_5OH$ (ফিনল) $+N_2+HCl$.

কিন্তু বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে উহার $-N{=}NCl$ অংশ একটি হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া বেঞ্জিন উৎপন্ন করে।

$$C_6H_5.N{=}NCl+C_2H_5OH \rightarrow C_6H_6+CH_3.CHO+N_2+HCl.$$

প্রশ্ন : ৪০৪। সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :— (ক) নিউক্লিয়াস ও পার্শ্ব-শৃংখল ; (খ) ফ্রিডেল-ক্রাফটস্ বিক্রিয়া ; (গ) ডায়াজোটিজেশন ; (ঘ) স্টীম পাতন ; (ঙ) সালফোনেশন।

উত্তর : (ক) **নিউক্লিয়াস ও পার্শ্ব-শৃংখল**—৩৯৮ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) **ফ্রিডেল-ক্রাফটস্ বিক্রিয়া**—৪০০ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(গ) **ডায়াজোটিজেশন**—৪০৩ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(ঘ) **স্টীম পাতন**—৪০২ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ঙ) **সালফোনেশন**—৪০০ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (iii) অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ৪০৫। (ক) আলকাতরা কি ? ইহা কোন্ শ্রেণীর জৈব যৌগের প্রধান উৎসরূপে গণ্য হয় ? (খ) আলকাতরার আংশিক পাতনে বিভিন্ন উষ্ণতায় সংগৃহীত অংশগুলির নাম এবং উহাদের ঘনত্ব, পরিমাণ ও প্রধান উপাদানগুলি লিখ।

উত্তর : (ক) আলকাতরা ভারী, গাঢ় কালো, অপ্রীতিকর গন্ধযুক্ত, অর্ধ-তরল তৈলাক্ত পদার্থ। নরম বা বিটুমিন কয়লার 1000°–1400°C উষ্ণতায় অন্তর্ধূম পাতনের সময় ইহা উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। সাধারণতঃ উৎপন্ন আলকাতরার পরিমাণ কয়লার ওজনের প্রায় 4–5% থাকে।

আলকাতরায় অতি সূক্ষ্ম কার্বন-কণাসহ নানাপ্রকার আম্লিক, ক্ষারীয় ও প্রশম কঠিন পদার্থ মিশ্রিত থাকে ; সূক্ষ্ম কার্বন-কণার জন্যই উহা ঘোর কৃষ্ণবর্ণ দেখায়। ইহা ছাড়া আলকাতরায় জল বর্তমান থাকে।

বর্তমানে আলকাতরা বহুবিধ অ্যারোমেটিক যৌগের উৎসরূপে গণ্য হয়। এ পর্যন্ত আলকাতরা হইতে তিন শতাধিক অ্যারোমেটিক যৌগ আবিষ্কৃত হইয়াছে।

(খ) আলকাতরার আংশিক পাতনে বিভিন্ন উষ্ণতায় সংগৃহীত অংশগুলির নাম, ঘনত্ব, শতকরা পরিমাণ এবং উহাদের প্রধান উপাদানসমূহ নিম্নে দেওয়া হইল।

পাতিত অংশের নাম	স্ফুটনাঙ্কের সীমা	ঘনত্ব	পরিমাণ	প্রধান উপাদান
(১) লঘু তেল বা অশোধিত ন্যাপথা	170°C পর্যন্ত	0·92	7–8%	বেঞ্জিন, টলুইন, জাইলিন প্রভৃতি।
(২) মধ্যম তেল বা কার্বলিক তেল	170°–230°C	1·01	8–10%	ফিনল ও ন্যাপথালিন।
(৩) ভারী তেল বা ক্রিয়োজোট তেল	230°–270°C	1·04	8–10%	ফিনল, ক্রিসলসমূহ, ন্যাপথালিন ও অ্যানথ্রাসিন।
(৪) সবুজ তেল বা অ্যানথ্রাসিন তেল	270°–360°C	1·10	16–20%	অ্যানথ্রাসিন, ফেনানথ্রিন, কার্বাজোল প্রভৃতি।
(৫) পিচ	অবশেষ	—	50–60%	কার্বন।

প্রশ্ন : ৪০৬। (ক) আলকাতরার আংশিক পাতন কিভাবে করা হয়? (খ) প্রাপ্ত অংশগুলির নাম ও প্রধান উপাদান লিখ। (গ) উহাদের ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর : (ক) প্রথমে আলকাতরাকে প্রায় জল-মুক্ত করিয়া লৌহ-নির্মিত বৃহদাকার বকযন্ত্রে উহার অন্তর্ধূম পাতন সংঘটিত করা হয়। বকযন্ত্র হইতে উত্থিত বাষ্পকে জলে নিমজ্জিত লম্বা লোহার বা সীসার কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া চালনা করিয়া ঘনীভূত করিয়া তরলাকারে সংগ্রহ করা হয়; বিভিন্ন উষ্ণতায় পাতিত তরল ভিন্ন ভিন্ন পাত্রে পৃথকভাবে সংগৃহীত হয়। এইভাবে আলকাতরার আংশিক পাতন-ক্রিয়ায় বিভিন্ন উষ্ণতায় সাধারণতঃ চারি রকমের তেল পাওয়া যায় এবং পাতন-শেষে বকযন্ত্রে পিচ পড়িয়া থাকে। উৎপন্ন পিচ বকযন্ত্রের উত্তাপে তরল অবস্থায় থাকে; কিন্তু শীতল করিলে উহা কঠিন আকারে পাওয়া যায়।

(খ) ৪০৫ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(গ) প্রত্যেক পাতিত অংশকে পুনঃ পুনঃ আংশিক পাতন দ্বারা বিভিন্ন পদার্থ পৃথকভাবে সংগ্রহ করিয়া নানাবিধ কার্যে ব্যবহার করা হয়। আলকাতরার আংশিক পাতনে প্রাপ্ত প্রথম অংশ লঘু তেল লইয়া উহাকে পুনরায় আংশিক পাতিত করিলে বিভিন্ন উষ্ণতায় বেঞ্জিন, টলুইন ও জাইলিন পৃথকভাবে পাওয়া যায়। একইভাবে আংশিক পাতন-ক্রিয়ায় মধ্যম তেলের অংশ হইতে ফিনল ও ন্যাপথালিন, ভারী তেলের অংশ হইতে ফিনল, ন্যাপথালিন ও অ্যানথ্রাসিন, সবুজ তেলের অংশ হইতে অ্যানথ্রাসিন, ফেনানথ্রিন ও কার্বাজোল পৃথকভাবে সংগ্রহ করা হয়। তদুপরি পিচ অবশেষরূপে পাওয়া যায়। সাধারণতঃ হাইড্রোকার্বনগুলি নানাপ্রকার রঞ্জক, ঔষধ, সুগন্ধি দ্রব্য ও বিস্ফোরক দ্রব্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। প্রত্যেকটি উপাদানের ব্যবহার নিম্নে দেওয়া হইল :—

(১) **বেঞ্জিন**—৩৯৯ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(২) **টলুইন**—ইহা রং, রজন, বার্নিশ প্রভৃতির দ্রাবক হিসাবে, শুষ্ক পদ্ধতিতে ধোলাইয়ের জন্য, পেট্রোলের সহিত সংমিশ্রণে মোটরযানের জ্বালানীরূপে এবং বেঞ্জাল-ডিহাইড, বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড, স্যাকারিন, বিস্ফোরক T. N. T., নানাবিধ ঔষধ ও রঞ্জকদ্রব্য প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

(৩) **জাইলিন**—ইহা রবার, বার্নিশ প্রভৃতির দ্রাবকরূপে, শুষ্ক ধোলাইয়ের জন্য এবং থলিক অ্যাসিড, টেরিলিন, ভিটামিন বি$_2$ প্রভৃতি উৎপাদনে প্রয়োজন হয়।

(৪) **ফিনল**—ইহা কৃত্রিম প্লাস্টিক ও রেশম উৎপাদনে, নানাবিধ রং ও ঔষধ প্রস্তুতিতে, জীবাণুনাশকরূপে, ছত্রাক ধ্বংসে ও কাষ্ঠ সংরক্ষণে এবং পিকরিক অ্যাসিড, স্যালিসিলিক অ্যাসিড প্রভৃতি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(৫) **ন্যাপথালিন**—ইহা প্লাস্টিক ও রঞ্জন শিল্পে, ডেকালিন ও টেট্রালিন নামক দ্রাবক প্রস্তুতে, কীটনাশকরূপে পশমী বস্ত্র সংরক্ষণে এবং থলিক অ্যাসিড, থলিক অ্যান-হাইড্রাইড, কৃত্রিম নীল প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়।

(৬) **ক্রিসল**—ইহা জীবাণুনাশকরূপে ফিনাইল, নাইসল প্রভৃতি প্রতিষেধক ও পরিশোষক প্রস্তুতিতে প্রয়োজন হয়।

(৭) **অ্যানথ্রাসিন**—ইহা নানাপ্রকারের রঞ্জক দ্রব্য ও কতিপয় কীটনাশক ঔষধ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(৮) **পিচ**—ইহা রাস্তা প্রস্তুতে ও ফাঁটা ছাদ মেরামত করিতে ব্যবহার হয়।

প্রশ্ন ঃ ৪০৭। (ক) পেট্রোলিয়াম বলিতে কি বুঝায়? ইহা পৃথিবীর কোথায় পাওয়া যায়। (খ) পেট্রোলিয়ামের উৎপত্তি সম্বন্ধে বিজ্ঞানীদের অভিমত কি? (গ) ইহাতে কি কি পদার্থ থাকে? (ঘ) প্রাকৃতিক গ্যাস কি?

উত্তর ঃ (ক) পেট্রোলিয়াম শব্দটির অর্থ পাথুরে তেল। ভূ-পৃষ্ঠের কয়েক হাজার ফুট নীচে অপ্রবেশ্য শিলাস্তরে ইহা আবদ্ধ থাকে। ভূগর্ভস্থ খনি হইতে ইহা সংগৃহীত হয় বলিয়া ইহাকে খনিজ তেল বলা হয়। তৈলখনি হইতে গাঢ় বাদামী বর্ণের দুর্গন্ধযুক্ত চট্‌চটে বা সান্দ্র তরলরূপে ইহা উপরে তোলা হয়।

যুক্তরাষ্ট্র, সোভিয়েট রাশিয়া, ইরাক, ইরান, কুয়াইত, সৌদি-আরব, মেক্সিকো এবং ইন্দোনেশিয়ায় প্রচুর পরিমাণে পেট্রোলিয়াম পাওয়া যায়। ইহা বর্মা, ভারত, জাপান এবং রুমানিয়ায় অল্প পরিমাণে আছে। পৃথিবীর মাত্র 0·4% পেট্রোলিয়াম ভারতের ডিগবয়, নাহারকাটিয়া, আংক্লেশ্বরে এবং বর্তমানে গুজরাটের ক্যাম্বোতে পাওয়া যায়।

(খ) বিজ্ঞানীদের মতে প্রাকৃতিক দুর্যোগে ভূ-পৃষ্ঠের উদ্ভিদ এবং সামুদ্রিক প্রাণী ও উদ্ভিজ্জ মাটির নীচে অত্যধিক চাপে ও উষ্ণতায় অথবা উপরোক্ত পদার্থসমূহ জীবাণু দ্বারা পচিয়া পেট্রোলিয়ামে রূপান্তরিত হইয়াছে।

(গ) পেট্রোলিয়াম বা খনিজ তেল প্রধানতঃ কতকগুলি সংপৃক্ত হাইড্রোকার্বনের জটিল তরল মিশ্রণ (98%); অবশিষ্ট অংশে অন্যান্য হাইড্রোকার্বন এবং সালফার, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন-ঘটিত অ্যারোমেটিক জৈব যৌগ থাকে। অনেক পেট্রোলিয়ামে অল্প পরিমাণে খনিজ পদার্থও দেখা যায়। সাধারণতঃ বিভিন্ন প্যারাফিন, সাইক্লো-প্যারাফিন ও অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের সমবায়ে পেট্রোলিয়াম গঠিত।

(ঘ) ভূ-গর্ভে পেট্রোলিয়াম খনির প্রথম স্তরে অধিক চাপে কতকগুলি গ্যাসীয় পদার্থের মিশ্রণ থাকে। ইহাকে প্রাকৃতিক গ্যাস বলে। এই গ্যাসে প্রধানতঃ মিথেন (প্রায় 85%), ইথেন (প্রায় 10%) এবং সামান্য প্রোপেন, বিউটেন প্রভৃতি নিম্ন স্ফুটনাঙ্কের প্যারাফিন থাকে। ইহা ছাড়া হিলিয়াম, হাইড্রোজেন সালফাইড ও নাইট্রোজেন ইহাতে অল্প পরিমাণে মিশ্রিত থাকে। তৈলকূপ খননকালে এই গ্যাস নির্গত হয়। এই প্রাকৃতিক গ্যাস হইতে প্রথমে হিলিয়াম অপসারণ করিবার পর উহাকে জ্বালানী হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

প্রশ্ন ঃ ৪০৮। (ক) পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতন দ্বারা কি কি পদার্থ পাওয়া যায়? উৎপন্ন পদার্থগুলির ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। অথবা, পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে বিভিন্ন উষ্ণতায় প্রাপ্ত পদার্থসমূহের নাম ও ব্যবহার লিখ। (খ) পেট্রোলিয়াম শোধন বলিতে কি বুঝায়? ইহার প্রয়োজনীয়তা কি? (গ) পেট্রোলিয়াম ও পেট্রোল সমার্থক কি?

উত্তর ঃ (ক) বিভিন্ন উষ্ণতায় পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতন-ক্রিয়ায় প্রাপ্ত বিভিন্ন অংশের নাম ও ব্যবহার নিম্নে দেওয়া হইল।

পাতিত অংশের নাম	স্ফুটনাঙ্কের সীমা	মোটামুটি গঠন	পরিমাণ	ব্যবহার
১। সাইমোজিন এবং রিগোলিন (গ্যাসীয়)	30°C পর্যন্ত	$C_4 - C_5$		গ্যাসীয় জ্বালানীরূপে, হিমায়করূপে ও স্থানিক অসারতা উৎপাদনে।
২। গ্যাসোলিন বা পেট্রোল	$40^\circ - 200^\circ C$	$C_5 - C_{11}$	43·5%	মোটর ও বিমানের জ্বালানীরূপে।
পুনরায় আংশিক পাতনে দেয় :				
(i) পেট্রোলিয়াম ইথার	$40^\circ - 70^\circ C$	$C_5 - C_6$		তেল ও চর্বির দ্রাবক হিসাবে।
(ii) বেঞ্জাইন বা লঘু পেট্রোল	$70^\circ - 90^\circ C$	$C_6 - C_7$		দ্রাবকরূপে ও শুষ্ক ধোলাইয়ের জন্য।
(iii) লিগ্রোয়িন	$90^\circ - 120^\circ C$	$C_6 - C_8$		দ্রাবক হিসাবে।
(iv) ভারী পেট্রোল	$120^\circ - 200^\circ C$	$C_6 - C_{11}$		মোটরযানের জ্বালানীরূপে।
৩। কেরোসিন বা ন্যাপথা তেল	$200^\circ - 300^\circ C$	$C_{12} - C_{16}$	5·2%	আলো উৎপাদনে, রান্নার জ্বালানী ও জেট বিমানের জ্বালানী হিসাবে।
৪। গ্যাস তেল, জ্বালানী তেল বা ডিজেল তেল	300°C-এর ঊর্ধ্বে	$C_{16} - C_{18}$	17·5%	ডিজেল ইঞ্জিনের জ্বালানীরূপে ও তড়িৎ শক্তি উৎপাদনে।
৫। অবশেষতেল নিম্নচাপেপুনঃপাতনেদেয় :	400°C-এর ঊর্ধ্বে			
(i) পিচ্ছিলকারী তেল		$C_{16} - C_{20}$	24·2%	যন্ত্রাদির সংঘর্ষ হ্রাসের জন্য, ডিজেলইঞ্জিনে।
(ii) ভেসলিন ও গ্রীজ		$C_{18} - C_{22}$	0·2% (ii ও iii একত্রে)	জ্বালানীরূপে, যন্ত্রাদিতে পিচ্ছিলতা উৎপাদনের জন্য ও মলম প্রস্তুতে।
(iii) প্যারফিন মোম		$C_{20} - C_{30}$		মোমবাতি ও তৈলাক্ত কাগজ প্রস্তুতে, তড়িতের অন্তরকরূপে।
(iv) অ্যাস্ফ্যাল্ট বা পিচ	অবশেষ	$C_{30} - C_{40}$	3·4%	রং হিসাবে, রাস্তা প্রস্তুতে ও ফাঁটা ছাদ মেরামত করিতে, মোটা তড়িৎ-তারের গুচ্ছের অন্তরকরূপে।

(খ) পেট্রোলিয়াম শোধন বলিতে উহার আংশিক পাতন বুঝায়। অশোধিত পেট্রোলিয়াম তথা খনিজ তেল প্রধানতঃ বিভিন্ন প্যারাফিনের মিশ্রণ বলিয়া বিস্তৃত সীমার মধ্যে (0° – 400°C) ফোটে ; সেইজন্য ইহা অধিকাংশ শিল্পে ব্যবহারের অনুপ-যোগী। কিন্তু অশোধিত তেল আংশিক পাতন ক্রিয়ায় নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্কের সীমার মধ্যে কয়েকটি তরল অংশে ভাগ করিলে উহারা বিভিন্ন শিল্প-বাণিজ্যের প্রয়োজন মিটাইতে সমর্থ হয়। পেট্রোলিয়ামকে অপদ্রব্য হইতে মুক্ত করিয়া বিভিন্ন স্ফুটনাঙ্ক সীমা বিশিষ্ট ভিন্ন ভিন্ন অংশে বিভক্ত করার প্রক্রিয়াকে শোধন বলা হয়। উৎপন্ন বিভিন্ন অংশগুলি প্রয়োজন অনুযায়ী ভিন্ন ভিন্ন শিল্পে ও বাণিজ্যে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

নির্জল পেট্রোলিয়াম হইতে আংশিক পাতন-ক্রিয়ায় পেট্রোল বা গ্যাসোলিন, কেরোসিন, ডিজেল তেল এবং অবশেষ তেলরূপে বিভিন্ন অংশে পৃথক করা হয়। অনেক শোধনাগারে গ্যাসোলিনকে পুনরায় আংশিক পাতন করিয়া পেট্রোলিয়াম ইথার, লঘু পেট্রোল, লিগ্রোয়িন ও ভারী পেট্রোল এই চারিভাগে বিভক্ত করা হয়। আবার অবশেষ তেল নিম্ন-চাপে আংশিক পাতিত করিয়া বিভিন্ন মানের পিচ্ছিলকারী তেল, ভেসলিন, প্যারাফিন মোম পৃথক করা হয় এবং পাত্রে অবশেষরূপে অ্যাস্‌ফ্যাল্ট বা পিচ পড়িয়া থাকে।

(গ) পেট্রোলিয়াম ও পেট্রোল সমার্থক নয়। প্রকৃতি-জাত অশোধিত খনিজ তেলকে পেট্রোলিয়াম বলে। ইহা প্রধানতঃ কয়েকটি প্যারাফিন শ্রেণীর হাইড্রোকার্বনের জটিল মিশ্রণ। এই পেট্রোলিয়ামকে শোধনকালে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় 40° – 200°C উষ্ণতায় যে পাতিত তরল পাওয়া যায় তাহাকে পেট্রোল বলে। ইহা মোটর ও বিমানের জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : ৪০৯। জৈব রসায়নে নিম্নলিখিত পদার্থগুলির এক একটি ব্যবহার উল্লেখ কর :—

(i) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, (ii) নাইট্রাস অ্যাসিড, (iii) গাঢ় H_2SO_4, (iv) সোডিয়াম ধাতু, (v) ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড, (vi) নিকেল চূর্ণ, (vii) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড, (viii) পটাসিয়াম সায়ানাইড, (ix) টিন এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

উত্তর : (i) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড—ইহা বিভিন্ন জৈব সংশ্লেষণে অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়। (১) ফ্রিডেল-ক্রাফটস্ বিক্রিয়ায় ইহার ব্যবহার খুবই গুরুত্বপূর্ণ। (বিবরণের জন্য ৪০০ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।) (২) ইহা ছাড়া ইথাইল অ্যালকোহল হইতে ইথারের পণ্য উৎপাদনে অনার্দ্র $AlCl_3$ অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (বিবরণের জন্য ৩৯৭ (iv)নং প্রশ্নোত্তর দেখ।)

(ii) নাইট্রাস অ্যাসিড—(১) ডায়াজোটিশেন ও ডায়াজো বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়া থাকে। (বিবরণের জন্য ৪০৩ (খ)নং প্রশ্নোত্তর দেখ।) (২) নাইট্রাস অ্যাসিডের সহিত প্রাইমারী অ্যালিফ্যাটিক ও অ্যারোমেটিক অ্যামিন বিক্রিয়া করিয়া অ্যালকোহল উৎপন্ন করে এবং নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$R.NH_2 + HNO_2 \rightarrow R.OH + N_2 + H_2O$$

(iii) **গাঢ় H_2SO_4**—(১) ইহা বিভিন্ন জৈব যৌগের প্রস্তুতিতে নিরুদকরূপে ব্যবহৃত হয়। ইথাইল অ্যালকোহল হইতে ইথিলিন ও ডাই-ইথাইল ইথার উৎপাদনে গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করা হয়। (বিবরণের জন্য যথাক্রমে ৩৫৪ (খ)নং এবং ৩৭২ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।) (২) জৈব অ্যাসিড ও অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় সুগন্ধিযুক্ত এস্টার প্রস্তুতিতে গাঢ় H_2SO_4 অনুঘটক হিসাবে কার্য করিয়া বিক্রিয়া দ্রুত সম্পন্ন করে। (বিবরণের জন্য ৩৮৮ (খ)নং প্রশ্নোত্তর দেখ।) (৩) অ্যারোমেটিক জৈব যৌগের সালফোনেশন বিক্রিয়ায় গাঢ় অথবা ধূমায়মান H_2SO_4 ব্যবহৃত হইয়া থাকে। (বিবরণের জন্য ৪০০ (খ)নং এবং ৪০৩ (ক)নং প্রশ্নোত্তরের (vi) অংশ দেখ।)

(iv) **সোডিয়াম ধাতু**—(১) অ্যালকিল আয়োডাইড হইতে প্যারাফিন প্রস্তুতিতে ধাতব সোডিয়াম ব্যবহৃত হয়। (বিবরণের জন্য ভূর্তজ বিক্রিয়া, ৩৬০ (গ)নং প্রশ্নোত্তর দেখ।) (২) সোডিয়াম বিভিন্ন জৈব যৌগের সংশ্লেষণে উৎকৃষ্ট বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম ও অ্যালকোহল অথবা সোডিয়াম পারদ-সংকর ও জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন বিভিন্ন অ্যালডিহাইড ও কিটোনকে যথাক্রমে প্রাইমারী ও সেকেণ্ডারী অ্যালকোহলে বিজারিত করে। (বিবরণের জন্য ৩৮৭ নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।) (৩) পরীক্ষাগারে জৈব যৌগে বিদ্যমান নাইট্রোজেন, সালফার ও হ্যালোজেন মৌল নিরূপণে সোডিয়াম ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(v) **ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড**—(১) অ্যালকোহল ও ইথার হইতে অ্যালকিল ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে PCl_5 ব্যবহৃত হয়: $R.OH+PCl_5 \rightarrow R.Cl + POCl_3 + HCl$; $R.O.R+PCl_5 \rightarrow 2R.Cl+POCl_3$. (২) ফ্যাটি অ্যাসিড হইতে অ্যাসিড ক্লোরাইড উৎপাদনে PCl_5 ব্যবহৃত হয়: $R.COOH+PCl_5 \rightarrow R.COCl+POCl_3+HCl$. এই উপায়ে অ্যাসিটিল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়।

(vi) **নিকেল চূর্ণ**—জৈব যৌগ বিশেষতঃ অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনীকরণ তথা বিজারণ বিক্রিয়ায় নিকেল চূর্ণ অনুঘটক হিসাবে কাজ করে। নিকেল চূর্ণের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন এবং ইথিলিন বা অ্যাসিটিলিন যুক্ত হইয়া ইথেন উৎপন্ন করে। $CH \equiv CH+H_2 \rightarrow CH_2=CH_2$; $CH_2=CH_2+H_2 \rightarrow CH_3.CH_3$. নিকেল-চূর্ণের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন গ্যাস নাইট্রো-প্যারাফিনকে প্রাইমারী অ্যামিনে বিজারিত করে।

$CH_3.NO_2$ (নাইট্রো-মিথেন) $+3H_2O \rightarrow CH_3.NH_2$ (মিথাইল অ্যামিন) $+2H_2O$

(vii) **অ্যাসিটিল ক্লোরাইড**—(১) ইহা জৈব যৌগের সংশ্লেষণে অ্যাসিটিলেশনের জন্য ব্যবহৃত হয়। (বিবরণের জন্য ৩৯৪ (খ)নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।) (২) অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড প্রস্তুতিতে সোডিয়াম অ্যাসিটেটের সহিত অ্যাসিটিল ক্লোরাইড মিশাইয়া পাতিত করা হয়।

$$CH_3.COONa+CH_3.COCl \rightarrow CH_3.CO.O.CO.CH_3+NaCl$$

(viii) **পটাসিয়াম সায়নাইড**—অ্যালিফ্যাটিক যৌগের সহিত পটাসিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ার সাহায্যে কার্বন শৃংখল দীর্ঘতর করিয়া ঊর্ধ্বতন যৌগ প্রস্তুত

করা যায়। যেমন মিথাইল আয়োডাইডের সহিত পটাসিয়াম সায়ানাইড উত্তপ্ত করিলে মিথাইল সায়ানাইড পাওয়া যায়; ইহাকে জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিলে প্রাইমারী ইথাইল অ্যামিন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে কার্বন-শৃংখলের কার্বন পরমাণু-সংখ্যা একটি বৃদ্ধি পায়।

$$CH_3I + KCN \rightarrow CH_3.CN + KI \; ; \; CH_3.CN + 4H \rightarrow CH_3.CH_2NH_2$$

(ix) **টিন এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড**—বিভিন্ন জৈব যৌগের বিজারণ ঘটাইতে টিন এবং গাঢ় HCl ব্যবহৃত হইয়া থাকে; উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করে। যেমন, নাইট্রোবেঞ্জিনকে টিন ও গাঢ় HCl সহযোগে উষ্ণ করিলে ধাতু-অ্যাসিড মিশ্রণ হইতে উদ্ভূত জায়মান হাইড্রোজেন নাইট্রোবেঞ্জিনকে সরাসরি অ্যানিলিনে বিজারিত করে।

$$C_6H_5.NO_2 + 6H \rightarrow C_6H_5.NH_2 + 2H_2O$$

প্রশ্ন : ৪১০। কি ঘটে, সমীকরণ সহযোগে বর্ণনা কর :—

(i) সোডিয়াম বেঞ্জোয়েট ও সোডা-লাইমের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হয় এবং বিক্রিয়া-জাত পদার্থকে অনার্দ্র $AlCl_3$-এর উপস্থিতিতে মিথাইল আয়োডাইডের সহিত উত্তপ্ত করা হয়; (ii) বেঞ্জিনের সহিত গাঢ় HNO_3-এর বিক্রিয়া ঘটান হয়; (iii) নাইট্রোবেঞ্জিনের সহিত জিঙ্ক-চূর্ণ ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইয়া উষ্ণ করা হয়; (iv) কিউপ্রাস ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ক্লোরোবেঞ্জিনের সহিত গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ উত্তপ্ত করা হয়; (v) নাইট্রোবেঞ্জিনকে টিন ও গাঢ় HCl সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়; (vi) শীতল অবস্থায় অ্যানিলিনের মধ্যে লঘু HCl ও সোডিয়াম নাইট্রাইট যোগ করা হয় এবং পরে বিক্রিয়া-জাত পদার্থকে উত্তপ্ত করা হয়; (vii) গাঢ় H_2SO_4 সহ নাইট্রোবেঞ্জিন ও HNO_3 উত্তপ্ত করা হয়; (viii) অ্যানিলিনের সহিত অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস দ্রবণ ও কয়েক ফোঁটা ক্লোরোফর্ম মিশাইয়া উষ্ণ করা হয়; (ix) অ্যানিলিন ও ধূমায়মান H_2SO_4 একত্রে মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হয়; (x) অ্যানিলিনকে অ্যাসিটিল ক্লোরাইড সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়।

উত্তর : (i) অনার্দ্র সোডিয়াম বেঞ্জোয়েট ও সোডালাইমের 1 : 1 ওজনের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে বেঞ্জিন পাওয়া যায় : $C_6H_5.COONa + NaOH \rightarrow C_6H_6 + Na_2CO_3$. বেঞ্জিনকে মিথাইল আয়োডাইডের সহিত মিশাইয়া অনার্দ্র $AlCl_3$-এর উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে মিথাইল বেঞ্জিন বা টলুইন ও HCl গ্যাস উৎপন্ন হয়; অনার্দ্র $AlCl_3$ অনুঘটকের কাজ করে : $C_6H_6 + CH_3I \rightarrow C_6H_5.CH_3 + HCl$. ইহা ফ্রিডেল-ক্রাফটস্ বিক্রিয়া নামে পরিচিত।

(ii) ৪০০ (খ)নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

(iii) নাইট্রোবেঞ্জিনের সহিত জিঙ্ক-চূর্ণ ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইয়া

উষ্ণ করিলে প্রশম দ্রবণে জিঙ্ক-চূর্ণ ও NH_4Cl-এর বিক্রিয়ায় উদ্ভূত জায়মান হাইড্রোজেন নাইট্রোবেঞ্জিনকে বিজারিত করিয়া ফিনাইল হাইড্রক্সিলামিন উৎপন্ন করে।

$$C_6H_5.NO_2+4H \rightarrow C_6H_5.NHOH+H_2O$$

(iv) কিউপ্রাস ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে উচ্চ-চাপে ক্লোরোবেঞ্জিনের সহিত গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ মিশাইয়া 200°C উত্তপ্ত করিলে উহাদের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়। অ্যানিলিনের পণ্য উৎপাদনে এই পদ্ধতি ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

$$C_6H_5Cl+2NH_3 \xrightarrow{Cu_2Cl_2} C_6H_5.NH_2+NH_4Cl$$

(v) নাইট্রোবেঞ্জিনকে টিন ও গাঢ় HCl সহযোগে উত্তপ্ত করিলে অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড পাওয়া যায়। প্রথমে টিন ও গাঢ় HCl-এর বিক্রিয়ায় উদ্ভূত জায়মান হাইড্রোজেন অ্যাসিড দ্রবণে নাইট্রোবেঞ্জিনকে বিজারিত করিয়া অ্যানিলিন উৎপন্ন করে। ইহা মৃদু ক্ষারধর্মী বলিয়া পরে দ্রবণস্থিত HCl-এর সহিত সংযোগে অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইডে পরিণত হয়। $C_6H_5.NO_2+6H \rightarrow C_6H_5.NH_2+2H_2O$; $C_6H_5.NH_2+HCl \rightarrow C_6H_5.NH_2.HCl$.

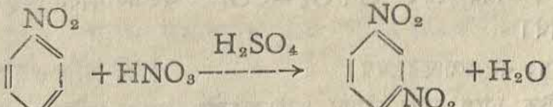
মূল বিক্রিয়াটি এইরূপ :

$$2C_6H_5.NO_2+3Sn+14HCl \rightarrow 2C_6H_5.NH_2.HCl+3SnCl_4+4H_2O$$

(vi) ৪০৩ (ক)নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ। পরে লিখ—উৎপন্ন বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে উহা বিশ্লিষ্ট হইয়া ফিনলে পরিণত হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত করে।

$$C_6H_5.N=N.Cl+H_2O \rightarrow C_6H_5.OH+N_2+HCl$$

(vii) নাইট্রোবেঞ্জিনের সহিত গাঢ় H_2SO_4 ও ধূমায়মান HNO_3 মিশাইয়া মিশ্রণটি ফুটন্ত জল-গাহে গরম করিলে মেটা-ডাইনাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।



(viii) ৩৬৩ (গ)নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।

(ix) ৪০৩ (ক)নং প্রশ্নোত্তরের (vi) অংশ দেখ।

(x) ৪০৩ (ক)নং প্রশ্নোত্তরের (iv) অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ১। (ক) মৌলের তুল্যাঙ্কভার ও উহার পারমাণবিক গুরুত্বের মধ্যে সম্পর্ক কি ? (খ) কি অবস্থায় উহাদের মান একই হয়।

উত্তর : ৪৩ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ২। কয়লার আগুনের উপরিভাগে মাঝে মাঝে নীল শিখা দেখা যায় কেন ?

উত্তর : কয়লার আগুনের নীচের দিকের কয়লা অতিরিক্ত পরিমাণ বায়ুর সংস্পর্শে পুড়িবার সময় বায়ুস্থিত অক্সিজেন দ্বারা সম্পূর্ণরূপে জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় : $C+O_2=CO_2$. এই কার্বন ডাই-অক্সাইড লোহিত-তপ্ত কয়লার মধ্য দিয়া উপরে উঠিবার সময় কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে : $CO_2+C=2CO$. কয়লার আগুনের উপরের দিকে এই কার্বন মনোক্সাইড বায়ুস্থিত অক্সিজেনে নীল শিখায় জ্বলে।

প্রশ্ন : ৩। কিভাবে প্রমাণ করিবে যে (i) অক্সিজেন একটি মৌল, (ii) কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি যৌগ, (iii) জল একটি যৌগিক পদার্থ, (iv) বাতান্বিত জল একটি সাধারণ মিশ্রণ।

উত্তর : (i) সাধারণ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সাহায্যে অক্সিজেন হইতে পৃথক ধর্মবিশিষ্ট অন্য কোন সরলতর পদার্থ পাওয়া যায় না। অতএব অক্সিজেন একটি মৌলিক পদার্থ।

(ii) কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিশ্লেষণের ফলে ইহা হইতে পৃথক ধর্মবিশিষ্ট দুইটি সরলতর মৌলিক পদার্থ যথা কঠিন কার্বন ও গ্যাসীয় অক্সিজেন পাওয়া যায়। আবার কার্বন এবং অক্সিজেন 3 : 8 ওজনের অনুপাতে রাসায়নিক সংযোগে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে : $C+O_2=CO_2$. অতএব কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি যৌগিক পদার্থ।

(iii) ১৭১ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(iv) উচ্চ চাপে জলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে বাতান্বিত জল বলা হয়। চাপ কমাইলে অথবা উত্তপ্ত করিলে দ্রবীভূত CO_2 গ্যাস নির্গত হয় এবং শুধুমাত্র জল পড়িয়া থাকে ; অর্থাৎ সাধারণ ভৌত পদ্ধতিতে উহাদের পৃথক করা যায়। উপরন্তু বাতান্বিত জলে দ্রবীভূত CO_2-এর পরিমাণ ইচ্ছানুযায়ী চাপ প্রয়োগে পরিবর্তন করা সম্ভব হয়। অতএব বাতান্বিত জল একটি সাধারণ মিশ্রণ।

প্রশ্ন : ৪। (ক) ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে কোন্ রাসায়নিক সংযোগসূত্রটি ব্যাখ্যা করা যায় না। (খ) উক্ত সূত্র হইতে কিভাবে অণু ও পরমাণুর মধ্যে পার্থক্য করা যায় ?

উত্তর : (ক) ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ব্যাখ্যা যায় না। (সূত্রটির সংজ্ঞা ও উদাহরণের জন্য ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।)

(খ) ১৭ নং প্রশ্নোত্তরের 25 নং পৃষ্ঠা দেখ।

প্রশ্ন : ৫। সূত্র ও প্রকল্পের মধ্যে পার্থক্য কি? অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পকে সূত্র বলা হয় কেন?

উত্তর : ১৬ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ৬। নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহের সংযুতি গুণানুপাত সূত্র ব্যাখ্যা করে—এই উক্তি সমর্থন কর।

উত্তর : ৭ নং গাণিতিক উদাহরণ (পৃষ্ঠা 19) দেখ।

প্রশ্ন : ৭। ঘনত্ব ও বাষ্পীয় ঘনত্ব কি সমার্থক? উপযুক্ত ব্যাখ্যা দাও।

উত্তর : ২২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ৮। স্থূল সংকেত এবং আণবিক সংকেত সব সময় কি একই হয়? উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : ৩৯ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ৯। দ্রবণ সমসত্ত্ব সত্ত্বেও উহাকে মিশ্রণ বলা হয় কেন?

উত্তর : ৮২ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ১০। (i) এক মোল ক্লোরিন পরমাণু, (ii) এক মোল অক্সিজেন অণু এবং (iii) এক মোল নাইট্রেট বা অ্যামোনিয়াম আয়ন বলিতে কি বুঝায়?

উত্তর : 'মোল' অর্থে উল্লিখিত পদার্থের ওজন গ্রামে বুঝায় এবং ইহাতে 6.023×10^{23} সংখ্যক কণা বিদ্যমান। সেইমতে এক মোল ক্লোরিন পরমাণুর ওজন $= 35.5$ গ্রাম, এক মোল অক্সিজেন অণুর ওজন $= 32$ গ্রাম এবং এক মোল নাইট্রেট আয়নের (NO_3^-) ওজন $= (14+16\times3) = 62$ গ্রাম ও এক মোল অ্যামোনিয়াম আয়নের (NH_4^+) ওজন $= (14+1\times4) = 18$ গ্রাম। আবার উক্ত ওজনের অর্থাৎ এক মোলের মধ্যে যথাক্রমে 6.023×10^{-23} সংখ্যক ক্লোরিন পরমাণু, অক্সিজেন অণু এবং নাইট্রেট বা অ্যামোনিয়াম আয়ন বিদ্যমান।

প্রশ্ন : ১১। 'গ্যাস সমীকরণ' এবং 'গ্যাস-ধ্রুবক' বলিতে কি বুঝায়? গ্যাস-ধ্রুবকের মান কি?

উত্তর : ৯৪ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ১২। (ক) গ্যাসীয় যৌগের আণবিক ওজন নির্ধারণে কিভাবে বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র ও অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প একসঙ্গে প্রয়োগ করা হয়?

(খ) 20°C উষ্ণতায় এবং 750 মি. মি. চাপে 0.045 গ্রাম পরিমাণ কোন দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের আয়তন 34 মি. লি. হইলে গ্যাসটির আণবিক ওজন এবং পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। (R=0.0821 লিটার/ডিগ্রী/মোল)।

উত্তর : (ক) [প্রথমে ৯১ (ক), ৯২ (খ) এবং ১৬ নং উত্তরের অনুযায়ী যথাক্রমে বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র এবং অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের সংজ্ঞা লিখ।] এখন P, V, T ও

n যথাক্রমে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ, আয়তন, পরম মাত্রার উষ্ণতা ও অণু-সংখ্যা বুঝাইলে, (i) বয়েল সূত্র অনুযায়ী $V \propto \frac{1}{P}$, যখন T ও n স্থির থাকে; (ii) চার্লস সূত্র অনুযায়ী $V \propto T$, যখন P ও n স্থির থাকে; এবং (iii) অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী $V \propto n$, যখন P ও T স্থির থাকে। $\therefore$ $V \propto \frac{n.T}{P}$ যখন চাপ, উষ্ণতা ও অণু-সংখ্যা পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ $V = k.\frac{n.T}{P}$, অথবা $PV = k.n.T.$ এখন এক মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে $k = R$ হয়। অতএব $PV = n.R.T.$

এখন কোন গ্যাসের আণবিক ওজন m হইলে, g গ্রাম পরিমাণ সেই গ্যাসে $\frac{g}{m}$ অণু বিদ্যমান থাকে, অর্থাৎ $n = \frac{g}{m}$. অর্থাৎ $PV = \frac{g}{m}.R.T.$ এই সমীকরণ হইতে কোন গ্যাসীয় যৌগের আণবিক ওজন m নির্ধারিণ করা যায়।

(খ) আমরা জানি, $PV = \frac{g}{m}.R.T.$; অথবা, $m = \frac{g \times R \times T}{P \times V}$.

যেহেতু $P = 750$ মি. মি. $= \frac{750}{760}$ বায়ু-চাপ, $V = 34$ মি. লি. $= \frac{34}{1000}$ লিটার, $g = 0{\cdot}045$ গ্রাম, $R = 0{\cdot}0821$ লিটার/ডিগ্রী/মোল, $T = 20°C = (273+20)°A$ এবং m = আণবিক ওজন = ?

$$\text{অতএব, } m = \frac{0{\cdot}045 \times 0{\cdot}0821 \times (273+20)}{\frac{750}{760} \times \frac{34}{1000}} = 32{\cdot}25.$$

সুতরাং গ্যাসের আণবিক ওজন = 32·25. যেহেতু গ্যাসটির অণুতে দুইটি পরমাণু বিদ্যামান, অতএব উহার পারমাণবিক ওজন $= \frac{1}{2} \times 32{\cdot}25 = 16{\cdot}125.$

প্রশ্ন : ১৩। ব্যাখ্যা কর :—(i) অ্যাসিড মাত্রই হাইড্রোজেন যৌগ কিন্তু সব হাইড্রোজেন যৌগ অ্যাসিড নয়। (ii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস লালবর্ণ করে কিন্তু শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড শুষ্ক নীল লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করে না; (iii) ক্ষার মাত্রই ক্ষারক কিন্তু সমস্ত ক্ষারক ক্ষার হয় না; (iv) ফিনলফথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ প্রশমিত করিতে একই মাত্রার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অর্ধেক আয়তন লাগে; (v) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইলে ফেরিক কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় না; (vi) এক শ্রেণীর লবণে প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন থাকে, কিন্তু অন্য লবণে উহা থাকে না; (vii) জারক পদার্থে অক্সিজেন এবং বিজারক পদার্থে হাইড্রোজেনের উপস্থিতি অপরিহার্য নয়; (viii) কতকগুলি পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ উহাদের নিখুঁতভাবে ওজন না করিয়াও প্রস্তুত করা যায়।

উত্তর : (i) প্রথমে অ্যাসিডের সংজ্ঞা উদাহরণসহ লিখ (৫৭ ক নং প্রশ্নোত্তর দেখ)। হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগ যথা মিথেন CH_4, অ্যামোনিয়া NH_3 প্রভৃতি অ্যাসিড নয় কারণ উহাদের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন নাই এবং জলে দ্রবণীয় অবস্থায় ইহার হাইড্রোজেন আয়ন, H^+ উৎপন্ন করে না। অতএব সব হাইড্রোজেন যৌগ অ্যাসিড নয়।

(ii) জলীয় দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়ন H^+ গঠন করে কিন্তু শুষ্ক অ্যাসিড গ্যাসীয় অবস্থায় বিয়োজিত হয় না বলিয়া H^+ আয়ন উৎপন্ন করে না; $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$ অ্যাসিডের ধর্ম হাইড্রোজেন আয়নের ধর্ম। সেইজন্য জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড নীল লিটমাস লালবর্ণ করে কিন্তু শুষ্ক ও গ্যাসীয় অবস্থায় অ্যাসিডের ধর্ম প্রকাশ পায় না; ফলে নীল লিটমাসের বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে।

(iii) ৫৭ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(iv) ক্ষারমিতিতে ফিনলফ্থ্যালিন নির্দেশক দ্রবণের pH 8 হইলে অর্থাৎ অল্প ক্ষারীয় অবস্থায় বর্ণ পরিবর্তন করিয়া (গোলাপী হইতে বর্ণহীন) প্রশম-ক্ষণ নির্দেশ করে। ফলে কোন নির্দিষ্ট আয়তনের সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে একই মাত্রার অর্ধেক আয়তনের অ্যাসিড দ্রবণ (HCl বা H_2SO_4) যোগ করিলে সোডিয়াম কার্বনেট অর্ধেক প্রশমিত হইয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হয় অর্থাৎ দ্রবণে Na^+ ও HCO_3^- থাকে; এমতাবস্থায় দ্রবণ মৃদু ক্ষারীয় থাকে এবং উহার pH 8 হয়। ফলে ফিনলফ্থ্যালিন নির্দেশক দ্রবণ বর্ণহীন করিয়া প্রশম-ক্ষণ সূচিত করে।

(v) ফেরিক ক্লোরাইড তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারকের লবণ বলিয়া জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ফেরিক হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠন করে: $FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl$. এই দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইলে ইহা দ্রবণস্থিত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিয়া সোডিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে: $Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2 + H_2O$. ফলে প্রশম দ্রবণে ফেরিক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে। এই কারণে ফেরিক কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না।

(vi) ৫৯ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের 'শমিত লবণ' ও 'অ্যাসিড লবণ' দেখ।

(vii) ১৩১ (ক) ও (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(viii) ৬৭ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ১৪। (ক) অনুঘটক বলিতে কি বুঝায় ব্যাখ্যা কর। (খ) অনুঘটক ব্যবহারজনিত দুইটি গুরুত্বপূর্ণ শিল্প পদ্ধতির বর্ণনা দাও।

উত্তর : (ক) ১৪৬ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) অ্যামোনিয়া (১৯৯ ক ও খ নং প্রশ্নোত্তর) এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের (স্পর্শ পদ্ধতি, ২৫৫ নং প্রশ্নোত্তর) শিল্প উৎপাদন পদ্ধতি দেখ।

প্রশ্ন : ১৫। পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও :— (i) আলোর সাহায্যে রাসায়নিক পরিবর্তন এবং (ii) দুইটি গ্যাসের সংমিশ্রণে কঠিন পদার্থ উৎপাদন।

উত্তর : (i) স্টপকক্ দ্বারা যুক্ত সমান আয়তনের দুইটি মোটা কাচ নলের একটিতে হাইড্রোজেন গ্যাস এবং অপরটিতে ক্লোরিন গ্যাস লওয়া হইল। এইবার স্টপককটি খুলিয়া যন্ত্রটিকে কয়েক ঘন্টা বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে রাখিলে উহাদের পারস্পরিক রাসায়নিক সংযুক্তির ফলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয় : $H_2+Cl_2=2HCl$. কারণ এই গ্যাস জলে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণের একাংশে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে—ইহা HNO_3-এ অদ্রবণীয় কিন্তু NH_4OH-এ দ্রবণীয়। যেহেতু উৎপন্ন গ্যাসটি জলে সম্পূর্ণ দ্রাব্য, অতএব ইহাতে হাইড্রোজেন নাই, কারণ হাইড্রোজেন জলে অদ্রবণীয়। আবার দ্রবণের অপর অংশে KI মিশাইলে আয়োডিন নির্গত হয় না ; সুতরাং ইহাতে ক্লোরিন নাই। ইহাই প্রমাণ করে, আলোর উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

(ii) ২৮৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ১৬। (ক) পাতিত জলে অল্প ম্যাগনেসিয়াম সালফেট বা জিঙ্ক সালফেট যোগ করিলে উহা কি খর জলে পরিণত হইবে ? (খ) পাতন ক্রিয়া প্রয়োগ ছাড়া কিভাবে প্রাকৃতিক জল হইতে পাতিত জলের গুণ-সম্পন্ন জল পাওয়া যায় ?

উত্তর : (ক) প্রথমে জলের খরতার কারণ লিখ (১৬৫ খ নং প্রশ্নোত্তর দেখ)। অতএব পাতিত জলে অল্প ম্যাগনেসিয়াম সালফেট যোগ করিলে উহা খর জলে পরিণত হইবে কিন্তু জিঙ্ক সালফেট মিশাইলে জল খরতা প্রাপ্ত হইবে না।

(খ) পাতিত জল সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ জল। ইহাতে কোনরূপ লবণজাতীয় অশুদ্ধি দ্রবীভূত থাকে না। বর্তমানে আয়ন-বিনিময় পদ্ধতিতে যে কোন প্রাকৃতিক জলকে দুই পর্যায়ে রেজিন জাতীয় পদার্থের মধ্য দিয়া পরিস্রুত করিয়া জলের যাবতীয় দ্রবীভূত লবণ অপসারিত করা হয় ; ফলে পাতিত জলের ন্যায় বিশুদ্ধ জল পাওয়া যায়। প্রথমে প্রাকৃতিক জলকে ক্ষারক-বিনিময় রেজিন স্তরের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় জলে দ্রবীভূত যে-কোন ধাতব আয়ন রেজিনস্থিত হাইড্রোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় ; ফলে পরিস্রুত জল ধাতব আয়ন মুক্ত হয় কিন্তু ইহাতে অ্যাসিড আয়ন H^+ বর্তমান থাকে : $CaCl_2+2R'.COOH$ (রেজিন) $\rightarrow Ca(R'.COO)_2+2HCl$. এই জলকে পুনরায় অ্যাসিড-বিনিময় রেজিন স্তরের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে অ্যাসিড আয়ন রেজিনস্থিত হাইড্রক্সিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় ; ফলে পরিস্রুত জলে কোন অ্যাসিড আয়ন থাকে না। এইভাবে প্রাকৃতিক জলে দ্রবীভূত সমস্ত আয়ন দূরীভূত হইবার ফলে ইহা পাতিত জলের গুণসম্পন্ন জলে পরিণত হয়।

প্রশ্ন : ১৭। একটি ধূসর বর্ণের কঠিন পদার্থ গ্রাফাইট অথবা আয়োডিন কিনা কিভাবে সনাক্ত করিবে ?

উত্তর : আয়োডিন কেলাস উত্তপ্ত করিলে গাঢ় বেগুনী বর্ণের বাষ্পে পরিণত হয় ; ইহাকে শীতল করিলে উহা ঘনীভূত হইয়া পুনরায় আয়োডিন কেলাসে পরিণত হয়।

পক্ষান্তরে গ্রাফাইটকে বায়ুতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে CO_2 গ্যাস নির্গত হয় এবং ইহা স্বচ্ছ চুন-জল ঘোলাটে করে।

$$C+O_2=CO_2\ ;\ Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$$

প্রশ্ন : ১৮। প্রমাণ কর যে কার্বনেট লবণে কার্বন বিদ্যমান।

উত্তর : ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতব কার্বনেট লবণে লঘু HCl যোগ করিলে CO_2 গ্যাস নির্গত হয় : $CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$. এইবার ২১৩ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ১৯। কি ঘটে লিখ:—(i) লঘু H_2SO_4 দ্বারা অম্লীকৃত পটাসিয়াম নাইট্রাইট ও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের মিশ্রণে শ্বেতসার যোগ করা হয়; (ii) সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত ফেরিক অক্সাইড বিগলিত করা হয় এবং বিক্রিয়া-জাত পদার্থের সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটান হয়।

উত্তর : (i) দ্রবণ গাঢ় নীলবর্ণ হইবে। প্রথমে পটাসিয়াম নাইট্রাইট লঘু H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে: $2KNO_2+H_2SO_4=K_2SO_4+2HNO_2$. নাইট্রাস অ্যাসিড জারক দ্রব্য বলিয়া ইহা অ্যাসিড মাধ্যমে পটাসিয়াম আয়োডাইডকে জারিত করিয়া আয়োডিন মুক্ত করে এবং নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয় : $2KI+2HNO_2+H_2SO_4=I_2+K_2SO_4+2H_2O+2NO$. মুক্ত আয়োডিন শ্বেতসারকে নীলবর্ণ করে; ফলে দ্রবণ গাঢ় নীলবর্ণ দেখায়।

(ii) সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত ফেরিক অক্সাইড বিগলিত করিলে সোডিয়াম ফেরাইট লবণ উৎপন্ন হয় এবং CO_2 গ্যাস নির্গত হয়। সোডিয়াম ফেরাইটকে জলের সহিত গরম করিলে উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ফেরিক হাইড্রক্সাইড ও কস্টিক সোডা উৎপন্ন করে; ফলে লালাভ-বাদামী বর্ণের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$Fe_2O_3+Na_2CO_3=2NaFeO_2+CO_2$$
$$NaFeO_2+2H_2O=Fe(OH)_3+NaOH$$

প্রশ্ন : ২০। বিভিন্ন প্রকারের সালফার যে একই মৌলের রূপভেদ তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে?

উত্তর : ২১৭ নং প্রশ্নোত্তর দেখ। কার্বনের পরিবর্তে সালফার লিখিবে : এবং রম্বিক, মনোক্লিনিক, প্লাষ্টিক প্রভৃতি বিভিন্ন সালফারের রূপভেদ লইয়া পরীক্ষা করিবে : $S+O_2=SO_2$.

প্রশ্ন : ২১। (ক) তেজস্ক্রিয়তা কি? (খ) ইহার আবিষ্কারের দ্বারা পরমাণু সম্পর্কে ডালটনের ধারণার কি পরিবর্তন হইয়াছে?

উত্তর : (ক) ১০৪ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) ১৩০ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্ন : ২২। (ক) কোন মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 11-টি প্রোটন এবং 12-টি নিউট্রন আছে। উহার পারমাণবিক ওজন এবং পরমাণু-ক্রমাঙ্ক কত? পরমাণুতে কয়টি ইলেকট্রন আছে? বিভিন্ন স্তর

ও অনুস্তরে ইলেকট্রন-বিন্যাস নির্দেশ কর। (খ) এই পরমাণু একটি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়? উহাদের যোজ্যতা কত?

উত্তর: (ক) পরমাণুর ওজন = নিউক্লিয়াসস্থিত প্রোটন ও নিউট্রনের মোট ওজন, কারণ ইলেকট্রনের ওজন ইহাদের ওজনের তুলনায় খুবই কম। আবার প্রোটন ও নিউট্রনের ভর সমান এবং উভয়েরই ভর হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের সমান। স্থতরাং মৌলের পারমাণবিক ওজন $=11+12=23$. যেহেতু নিউক্লিয়াসস্থিত প্রোটন-সংখ্যাই মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক নির্দেশ করে, স্থতরাং মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক $=11$.

আমরা পাই, মৌলের পরমাণুতে 11-টি প্রোটন আছে। যেহেতু পরমাণু তড়িৎ-নিরপেক্ষ, স্থতরাং উহাতে 11-টি ইলেকট্রন আছে। এই 11-টি ইলেকট্রনের 2-টি ইলেকট্রন প্রথম কক্ষপথে s অনুস্তরে, পরবর্তী 8-টি দ্বিতীয় কক্ষপথে s অনুস্তরে 2-টি ও p অনুস্তরে 6-টি এবং বাকী 1-টি সর্ব-বহিঃস্থ তৃতীয় কক্ষপথে s অনুস্তরে বিন্যস্ত থাকে। অতএব উহাদের ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$.

(খ) ১২২ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের তড়িৎ-যোজ্যতার উদাহরণ দেখ।

প্রশ্ন: ২৩। সংক্ষিপ্ত উত্তর দাও :—(i) সোডিয়াম ক্লোরাইড অনুদ্বায়ী কিন্তু গ্যাসীয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উদ্বায়ী; (ii) অম্লীকৃত জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ হইতে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহে জিঙ্ক সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয় না; (iii) অসমযোজ্যতা সমযোজ্যতার একটি বিশেষ প্রকার; (iv) কোন পরমাণুর যোজ্যতা কিভাবে ইহার ইলেকট্রন বিন্যাসের সহিত সম্পর্কযুক্ত? (v) সোডিয়াম ক্লোরাইডের সংপৃক্ত দ্রবণ হইতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস প্রবাহে উহা অধঃক্ষিপ্ত হয়; (vi) ক্ষার ধাতু ও হ্যালোজেন মৌলগুলি খুবই সক্রিয়। (vii) সকল সমযোজী যৌগ অ-ধ্রুবীয় নয়; (viii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবীভূত হয়।

উত্তর: (i) সোডিয়াম ক্লোরাইড তড়িৎ-যোজী যৌগ; ইহার অণুগুলি কেলাসেও Na^+ ও Cl^- আয়ন হিসাবে থাকে। ফলে কঠিন অবস্থায় উহাতে প্রত্যেকটি আয়ন উহার চতুর্দিকে বিপরীত তড়িৎযুক্ত আয়ন দ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে বলিয়া উহাদের মধ্যে তড়িৎ-আকর্ষণ প্রবল হয়। সেইজন্য ইহা অনুদ্বায়ী। অপরদিকে, গ্যাসীয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সমযোজী যৌগ; ইহার অণুগুলি তড়িৎ-উদাসীন বলিয়া উহাদের মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ খুবই কম। সেই কারণে ইহা উদ্বায়ী।

(ii) ৯০ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের (১) অংশ দেখ।

(iii) ১২৫ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। এক্ষেত্রে অসমযোজ্যতার একটি উদাহরণ দাও।

(iv) পরমাণুর সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষে অবস্থিত ইলেকট্রনগুলি রাসায়নিক সংযুক্তির সময় অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে এবং এই ইলেকট্রন-সংখ্যার উপর পরমাণুর যোজ্যতা নির্ভর

করে। সোডিয়াম ও ক্লোরিন পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস যথাক্রমে 2, 8, 1 এবং 2, 8, 7. তড়িৎযোজী যৌগ গঠনকালে সোডিয়াম পরমাণু সর্ব-বহিঃস্থ ইলেকট্রনটি বর্জন করিয়া এবং ক্লোরিন পরমাণু একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া উহার সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষে ইলেকট্রন অষ্টক গঠন করে এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর গঠন পায়। এই কারণে সোডিয়াম ও ক্লোরিন উভয় পরমাণুরই যোজ্যতা 1 হয়। আবার সমযোজী যৌগ গঠনকালে ক্লোরিন পরমাণু একটি ইলেকট্রন দ্বারা ইলেকট্রন জোড় সৃষ্টি করিয়া ইলেকট্রন অষ্টক তথা নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর গঠন পায়। এই কারণে ক্লোরিন পরমাণুর যোজ্যতাও 1 হয়। অতএব কোন পরমাণুর যোজ্যতা উহার ইলেকট্রন-বিন্যাসের উপর নির্ভরশীল।

(v) সোডিয়াম ক্লোরাইড স্বল্প-দ্রাব্য পদার্থ নয় ; কিন্তু সম-আয়নের প্রভাবে ইহার দ্রাব্যতা হ্রাস পায়। এখন সোডিয়াম ক্লোরাইডের সংপৃক্ত দ্রবণের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে Cl^- আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি হেতু দ্রবণস্থিত Na^+ আয়নের গাঢ়ত্ব হ্রাস পাইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা গুণফলের মান ধ্রুবক হয়। ফলে দ্রবণ হইতে অতিরিক্ত Na^+ আয়ন কঠিন সোডিয়াম ক্লোরাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

(vi) ক্ষার ধাতু এবং হ্যালোজেন যথাক্রমে পর্যায় সারণীর I a এবং VII b শ্রেণীভুক্ত মৌল। ক্ষার ধাতুর পরমাণুগুলির বহিঃস্থ কক্ষে 1-টি ইলেকট্রন থাকে বলিয়া ইহারা অতি সহজেই সেই ইলেকট্রন বর্জন করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের স্থায়ী ইলেকট্রনীয় গঠন লাভ করিতে পারে। অপরদিকে, হ্যালোজেন মৌলের পরমাণুগুলির বহিঃস্থ কক্ষে 7-টি ইলেকট্রন থাকে বলিয়া ইহারাও অতি সহজেই 1-টি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অথবা অন্য পরমাণুর একটি ইলেকট্রন অংশভাগী হইয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের স্থায়ী ইলেকট্রনীয় গঠন লাভ করিতে পারে। বহিঃস্থ কক্ষ অল্প অসম্পূর্ণ বলিয়া উহা ইলেকট্রন গ্রহণ-বর্জন বা অংশভাগী প্রক্রিয়ায় পূর্ণ করিতে এই দুই শ্রেণীর মৌলগুলি সর্বদাই সচেষ্ট থাকে। ফলে উহারা খুবই সক্রিয় হয় এবং নানাবিধ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে।

(vii) সকল সমযোজী যৌগ অ-ধ্রুবীয় নয়। সাধারণতঃ ভিন্ন দুই মৌলের সংযোগে গঠিত সমযোজী যৌগ ধ্রুবীয় অণু এবং গ্যাসীয় মৌলসমূহ অ-ধ্রুবীয় অণু গঠন করে। এখানে ধ্রুবীয় ও অ-ধ্রুবীয় অণুর উদাহরণ দাও (১২৮ ক নং প্রশ্নোত্তর দেখ)।

(viii) ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড, $Mg(OH)_2$ জলে খুব সামান্য দ্রাব্য ; ফলে দ্রবণে অল্প মাত্রায় OH^- থাকে : $Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{++} + 2OH^-$. ইহাতে NH_4Cl যোগ করিলে ইহার সম্পূর্ণ আয়নীভবনের ফলে দ্রবণে অধিক মাত্রায় NH_4^+ আয়ন সৃষ্টি হয় : $NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$. এই NH_4^+ আয়ন দ্রবণস্থিত OH^- আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া স্বল্প-আয়নিত মৃদু ক্ষার NH_4OH গঠন করে : $NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_4OH$. এইভাবে দ্রবণস্থিত OH^- আয়নের অপসারণের ফলে আরও $Mg(OH)_2$ জলে দ্রবীভূত হইয়া সাম্যাবস্থা বজায় রাখে এবং দ্রবণে NH_4^+ আয়নের আধিক্য হেতু পরিশেষে সমস্ত $Mg(OH)_2$ দ্রবণে চলিয়া যায়। এই কারণে $Mg(OH)_2$ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে দ্রাব্য।

প্রশ্ন ঃ ২৪। 'হাইড্রোজেন সংযুতি জারণ ঘটাইতে পারে'—এই উক্তি উপযুক্ত উদাহরণসহ সমর্থন কর।

উত্তর ঃ অধিকতর তড়িৎ-ধনাত্মক ক্ষার ধাতু Na, K প্রভৃতির সহিত হাইড্রোজেন সংযুক্ত হইয়া তড়িৎ-যোজী ধাতব হাইড্রাইড গঠন করে। এক্ষেত্রে ক্ষার ধাতু Na, K প্রভৃতি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া জারিত হয় এবং Na^+, K^+ ক্যাটায়নে পরিণত হয়। অপরদিকে, হাইড্রোজেন এই ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া H^- অ্যানায়ন গঠন করিয়া বিজারিত হয় এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাস হিলিয়ামের গঠন লাভ করে। ফলে Na^+ ও H^- আয়ন পরস্পর যুক্ত হইয়া তড়িৎ-যোজী NaH যৌগ উৎপন্ন করে। অর্থাৎ হাইড্রোজেন সংযুক্তিতে এক্ষেত্রে জারণ ক্রিয়া ঘটে।

$Na - e = Na^+$ (জারণ) ; $H + e = H^-$ (বিজারণ) ; $Na^+ + H^- = NaH$

প্রশ্ন ঃ ২৫। (ক) জারণ ও বিজারণে মৌলের যোজ্যতার কোন পরিবর্তন হয় কি ? (খ) পারমাণবিকতা বলিতে কি বুঝায় ?

উত্তর ঃ (ক) জারণ-বিজারণ ক্রিয়ায় মৌলের যোজ্যতার পরিবর্তন ঘটে ; অর্থাৎ জারণ-কালে মৌলের ধনাত্মক যোজ্যতা বৃদ্ধি পায় বা ঋণাত্মক যোজ্যতা হ্রাস পায়। অপরদিকে, বিজারণ-কালে ইহার বিপরীত ঘটে। এইখানে ১৩২নং প্রশ্নোত্তরের (c) উদাহরণ দাও। পরে লিখ—জারণকালে টিনের যোজ্যতা +2 হইতে +4-এ বৃদ্ধি পায় এবং বিজারণ-কালে আয়রণের যোজ্যতা +3 হইতে হ্রাস পাইয়া +2 হয়।

(খ) কোন মৌলের অণুতে বিদ্যমান উহার পরমাণুর সংখ্যাকে পারমাণবিকতা বলে। যেমন ক্লোরিনের অণুতে (Cl_2) দুইটি ক্লোরিন পরমাণু থাকে। সুতরাং ক্লোরিনের পারমাণবিকতা 2।

প্রশ্ন ঃ ২৬। (ক) ক্ষারক কাহাকে বলে ? (খ) কয়েকটি ক্ষারকের নাম কর যাহাদের অণুতে ধাতব পরমাণু নাই।

উত্তর ঃ (ক) ৫৭ প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ দেখ।

(খ) অ্যামোনিয়া NH_3, মিথাইল অ্যামিন CH_3NH_2, অ্যানিলিন $C_6H_5.NH_2$, পিরিডিন C_5H_5N প্রভৃতি কয়েকটি যৌগের অণুতে ধাতব পরমাণু না থাকিলেও উহারা ক্ষারক-ধর্মী। কারণ উহারা অ্যাসিডের সহিত লবণ জাতীয় পদার্থ গঠন করে। তবে ক্ষারকের সমস্ত ধর্মাবলী ইহাদের মধ্যে বর্তমান থাকে না।

প্রশ্ন ঃ ২৭। সিমেন্টের মেঝেতে অ্যাসিডের ফোঁটা পড়িলে বুদবুদ উঠে কেন ?

উত্তর ঃ সিমেন্ট ধূসর বর্ণের ট্রাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেট, ডাই-ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট প্রভৃতি কতকগুলি জটিল পদার্থের মিশ্রণ। সিমেন্টের সহিত জল মিশাইয়া মেঝে তৈরীর সময় নানাবিধ রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে উহা জমাট বাঁধিয়া খুব শক্ত হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে কিছু ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং ইহা বায়ুস্থিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত ক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। সেইজন্য মেঝের উপর অ্যাসিড পড়িলে এই ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সহিত

অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে বুদ্বুদ আকারে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$; $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$.

প্রশ্ন : ২৮। কাস্ট আয়রণ নিষ্কাশনের জন্য দুর্গাপুর উপযুক্ত স্থানরূপে বিবেচিত হইয়াছে কেন ?

উত্তর: কাস্ট আয়রণ উৎপাদনের জন্য কাঁচামাল হিসাবে লৌহ আকরিক, কোক এবং চুনাপাথর লাগে ; তদুপরি প্রচুর তড়িৎ-শক্তির প্রয়োজন হয়। দুর্গাপুরের সন্নিহিত এলাকায় উপরোক্ত কাঁচামালগুলি অধিক পরিমাণে পাওয়া যায়। পশ্চিমবঙ্গের সন্নিহিত রাজ্যে বিহারের সিংভূম ও কিওঞ্জোরে এবং উড়িষ্যায় ময়ূরভঞ্জে উচ্চ শ্রেণীর হিমাটাইট আকরিক আছে। বিহারে ও পশ্চিমবঙ্গে প্রচুর চুনাপাথরের খনি আছে। দুর্গাপুরের সন্নিহিত রাণীগঞ্জ, আসানসোল প্রভৃতি অঞ্চলে উৎকৃষ্ট মানের অনেক কয়লাখনি আছে ; ইহা হইতে কোক প্রস্তুত হয়। ইহা ছাড়া দামোদর ভ্যালী কর্পোরেশন কর্তৃক স্থাপিত দুর্গাপুরে তাপ-বিদ্যুৎ কেন্দ্র হইতে প্রয়োজনীয় তড়িৎ-শক্তি সরবরাহের ব্যবস্থা আছে। এই সকল কারণে দুর্গাপুর কাস্ট আয়রণ নিষ্কাশনের উপযুক্ত স্থান হিসাবে বিবেচিত হইয়াছে।

প্রশ্ন : ২৯। (ক) কিভাবে ফেরাস এবং ফেরিক লবণের মধ্যে পার্থক্য করিবে ? (খ) উত্তাপ অথবা তড়িৎ ব্যবহার না করিয়া কিভাবে (i) কপার সালফেট হইতে কপার, (ii) লেড নাইট্রেট হইতে লেড প্রস্তুত করিবে ?

উত্তর : (ক) নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সাহায্যে ফেরাস এবং ফেরিক লবণের মধ্যে পার্থক্য করা যায়।

বিকারক	ফেরাস লবণ	ফেরিক লবণ
১। NH_4OH বা $NaOH$ দ্রবণ	ফেরাস হাইড্রক্সাইডের সবুজ অধঃক্ষেপ পড়ে।	ফেরিক হাইড্রক্সাইডের রক্তাভ বাদামী বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়ে।
২। পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড, $K_4Fe(CN)_6$ দ্রবণ	সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে ; সঙ্গে সঙ্গে উহা নীলবর্ণে পরিবর্তিত হয়।	গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ পড়ে।
৩। পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড, $K_3Fe(CN)_6$ দ্রবণ	গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ পড়ে।	কোন অধঃক্ষেপ পড়ে না ; দ্রবণ বাদামী বর্ণ হয়।
৪। অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট, NH_4CNS দ্রবণ	দ্রবণের কোন বর্ণ হয় না।	দ্রবণ রক্তাভ-লাল বর্ণ হয়।

(খ) ৩০৯ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের প্রতিস্থাপন ক্রিয়া দেখ। [$Pb(NO_3)_2 + Zn = Pb + Zn(NO_3)_2$]

প্রশ্ন : ৩০। (ক) বহুরূপতা ও সমস্থানিক কাহাকে বলে? (খ) হাইড্রোজেনের রূপভেদ এবং সমস্থানিকগুলির নাম কর। (গ) সমস্থানিকের কয়েকটি উল্লেখযোগ্য ব্যবহার লিখ। (ঘ) আইসোবার কি?

উত্তর : (ক) সংজ্ঞা ও উদাহরণের জন্য যথাক্রমে ২১৪ (ক)নং এবং ১১৯ (ক)নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(খ) হাইড্রোজেনের রূপভেদ দুইটির নাম অর্থো-হাইড্রোজেন এবং প্যারা-হাইড্রোজেন। সাধারণ হাইড্রোজেনে উহারা প্রায় 3 : 1 অনুপাতে থাকে। 0° পরম উষ্ণতায় অর্থাৎ −273°C উষ্ণতায় হাইড্রোজেন সম্পূর্ণভাবে প্যারা-হাইড্রোজেনে রূপান্তরিত হয়।

হাইড্রোজেনের তিনটি সমস্থানিকের নাম যথাক্রমে লঘু হাইড্রোজেন বা প্রোটিয়াম $^{1}_{1}H$, ভারী হাইড্রোজেন বা ডয়টেরিয়াম $^{2}_{1}H$ বা D এবং ট্রিটিয়াম $^{3}_{1}H$ বা T; উহাদের ভর যথাক্রমে 1, 2 ও 3. সাধারণ হাইড্রোজেনে 99·984% $^{1}_{1}H$ ও 0·016% $^{2}_{1}H$ মিশ্রণরূপে থাকে। অপর সমস্থানিক $^{3}_{1}H$ শুধুমাত্র নিউক্লিয় বিক্রিয়ার সাহায্যে উৎপন্ন করা যায়।

(গ) (i) পৃথিবী এবং বিভিন্ন পাহাড়-পর্বত, খনিজ পদার্থ বা গুরুত্বপূর্ণ ঐতিহাসিক নিদর্শনের বয়স নির্ধারণে, (ii) ক্যান্সার জাতীয় দুরারোগ্য রোগের চিকিৎসায় এবং (iii) বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিপথ নির্ণয় করিতে সমস্থানিক ব্যবহার করা হয়।

(ঘ) বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে বিভিন্ন সংখ্যক প্রোটন ও নিউট্রনের অবস্থিতির জন্য উহাদের একই পারমাণবিক গুরুত্ব হইতে পারে। এইরূপ একই পারমাণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট বিভিন্ন মৌলগুলিকে আইসোবার বলে। যেমন $^{40}_{18}A$ ও $^{40}_{20}Ca$ মৌল দুইটি আইসোবার। কারণ আর্গনের নিউক্লিয়াসে 18-টি প্রোটন ও 22-টি নিউট্রন এবং ক্যালসিয়ামের নিউক্লিয়াসে 20-টি প্রোটন ও 20-টি নিউট্রন আছে; ফলে মৌল দুইটি ভিন্ন হইলেও উহাদের পরমাণুর ভর সমান থাকে।

প্রশ্ন : ৩১। (ক) বায়ুমণ্ডলে ওজোনের উপস্থিতি আমাদের কি উপকার করে? (খ) ট্রিপল সুপার ফসফেট কি? (গ) ফসফরাসের অনুপ্রভা বলিতে কি বুঝায়?

উত্তর : (ক) বায়ুমণ্ডলের বহু উর্ধ্বে ওজোন গ্যাস পৃথিবীকে বেষ্টন করিয়া আছে; ইহার নাম ওজোনোস্ফিয়ার বা ওজোন স্তর। সূর্যালোকে অতি-বেগুনী রশ্মি (ultra-violet rays) বর্তমান। এই রশ্মি জীব জগতের পক্ষে অতীব ক্ষতিকর। সূর্যালোক বায়ুমণ্ডলের ভিতর দিয়া আসিবার সময় এই রশ্মি বায়ুস্থিত অক্সিজেন অণুকে বিয়োজিত করিয়া ওজোনে রূপান্তরিত করে: $O_2 \rightarrow O + O$; $O_2 + O \rightarrow O_3$. বায়ুমণ্ডলে ওজোনের উপস্থিতি আমাদের সবিশেষ উপকার করে। কারণ মহাকাশে অন্যান্য নক্ষত্ররাজি হইতে অতি-বেগুনী রশ্মি পৃথিবীর দিকে প্রতিনিয়ত ধাবিত হইতেছে। এই ক্ষতিকারক রশ্মিগুলি ওজোন স্তরের মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত হইবার সময় অধিকাংশই ওজোন দ্বারা শোষিত হয়; ফলে পৃথিবী-পৃষ্ঠে খুব কম পরিমাণ এই রশ্মি পৌঁছায় বলিয়া আমাদের

বিশেষ ক্ষতি সাধন করিতে পারে না। এইভাবে জীবজগৎ ওজোনের সাহায্যে ধ্বংসের হাত হইতে রক্ষা পায়।

(খ) ট্রিপল সুপার ফসফেট বস্তুতপক্ষে ক্যালসিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট, $Ca(H_2PO_4)_2$. ইহা ফসফরাস-জনিত কৃত্রিম সার। ইহাতে ফসফরাসের পরিমাণ সাধারণ সুপার ফসফেট অপেক্ষা তিনগুণ বেশী থাকে বলিয়া এই নামকরণ হইয়াছে। সাধারণতঃ বিচূর্ণ ফসফরাইট আকরিক বা অস্থিভস্ম, $Ca_3(PO_4)_2$-এর সহিত 75% ফসফরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ট্রিপল সুপার ফসফেট প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

$$Ca_3(PO_4)_2+4H_3PO_4=3Ca(H_2PO_4)_2$$

(গ) সাদা ফসফরাস খুবই সক্রিয় মৌল। স্বাভাবিক উষ্ণতায় বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সংস্পর্শমাত্র ইহা জারিত হইয়া বিভিন্ন অক্সাইড গঠন করে; এই স্বতঃ জারণের সময় একপ্রকার শীতল সবুজ শিখা উৎপন্ন হয়। অন্ধকারে এই সবুজাভ শিখা অধিক উজ্জ্বল দেখায়। ইহাকে ফসফরাসের অনুপ্রভা বলে। সামান্য ফসফরাসের উপস্থিতিও এই অনুপ্রভার সাহায্যে জানা যায়। অনুপ্রভা সৃষ্টির জন্য বায়ুতে অল্প জলীয় বাষ্পের উপস্থিতির প্রয়োজন হয় কারণ শুষ্ক বায়ুতে অনুপ্রভা দেখা যায় না। আবার অনেকের মতে ফসফরাসের স্বতঃস্ফূর্ত জারণের সময় অল্প পরিমাণ ওজোন উৎপন্ন হয় এবং ইহাই অনুপ্রভা সৃষ্টি করিতে সহায়তা করে।

প্রশ্ন : ৩২। (ক) মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বলিতে কি বুঝায়? (খ) রাসায়নিক পারমাণবিক ওজন এবং ভৌত পারমাণবিক ওজন কি?

উত্তর : (ক) ২৫ (iv) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(খ) অক্সিজেনের 16, 17 ও 18 ভরবিশিষ্ট তিনটি সমস্থানিক আছে; উহাদের আনুপাতিক গড়ের মান 16 ধরিয়া কোন পরমাণুর যে গড় ওজন পাওয়া যায় তাহাকে রাসায়নিক পারমাণবিক ওজন বলে। অপরদিকে, অক্সিজেনের 16 ভরবিশিষ্ট সমস্থানিকটি সর্বাধিক পরিমাণ থাকে; উহার মান 16 ধরিয়া কোন মৌলের পরমাণুর যে গড় ওজন পাওয়া যায় তাহাকে ভৌত পারমাণবিক ওজন বলে। পদার্থ বিজ্ঞানীরা এই পৃথক স্কেল স্থির করেন। অক্সিজেনের তিনটি সমস্থানিকের ভর ও অনুপাত হইতে দেখা যায়,

$$\frac{\text{মৌলের ভৌত পারমাণবিক ওজন}}{\text{মৌলের রাসায়নিক পারমাণবিক ওজন}}=\frac{16{\cdot}0044}{16}=1{\cdot}00027.$$

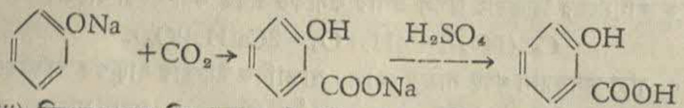
প্রশ্ন : ৩৩। টীকা লিখ :— (i) স্যাণ্ডমায়ার বিক্রিয়া, (ii) কোল্‌বে বিক্রিয়া, (iii) ক্লিমেনসেন বিজারণ; (iv) রাইমার-টিমান বিক্রিয়া; (v) লিবারম্যান বিক্রিয়া; (vi) ফিটিগ্‌ বিক্রিয়া।

উত্তর : (i) **স্যাণ্ডমায়ার বিক্রিয়া**—ডায়াজোনিয়াম লবণ হ্যালোজেন অ্যাসিডে দ্রাবিত কিউপ্রাস হ্যালাইড দ্রবণের সহিত 60°C উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিয়া অ্যারোমেটিক হ্যালাইড যৌগ উৎপন্ন করে এবং নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$C_6H_5.N=NCl+CuCl\xrightarrow{HCl}C_6H_5Cl+N_2+CuCl_2$$

কিউপ্রাস লবণের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যারোমেটিক হ্যালাইড যৌগ গঠন এবং তৎসঙ্গে নাইট্রোজেন বিচ্ছিন্ন হওয়ার বিক্রিয়া স্যাণ্ডমায়ার বিক্রিয়া নামে পরিচিত।

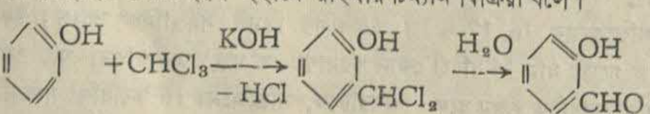
(ii) **কোল্‌বে বিক্রিয়া**—উচ্চ-চাপে ও $140^\circ - 170^\circ C$ উষ্ণতায় সোডিয়াম ফিনেট কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম স্যালিসিলেট উৎপন্ন করে; লঘু H_2SO_4 দ্বারা ইহাকে অম্লীকৃত করিলে জলে প্রায় অদ্রবণীয় সাদা সূচাকৃতি স্যালিসিলিক অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়। ইহা কোল্‌বে বিক্রিয়া তথা কোল্‌বে সংশ্লেষণ নামে পরিচিত।



(iii) **ক্লিমেনসেন বিজারণ**—তীব্র বিজারক দ্রব্য জিঙ্ক অ্যামালগাম ও গাঢ় HCl-এর সহিত অ্যাসিটোন বা অ্যাসিট্যালডিহাইড উত্তপ্ত করিলে উহারা বিজারিত হইয়া যথাক্রমে প্রোপেন বা ইথেন গ্যাস উৎপন্ন করে। এইভাবে অ্যালডিহাইড ও কিটোনকে তীব্র বিজারক দ্রব্যের সাহায্যে বিজারিত করিয়া হাইড্রোকার্বন প্রস্তুত করা যায়। ইহা ক্লিমেনসেন বিজারণ নামে পরিচিত।

$$CH_3.CO.CH_3+4H \rightarrow CH_3.CH_2.CH_3+H_2O$$
$$CH_3.CHO+4H \rightarrow CH_3.CH_3+H_2O$$

(iv) **রাইমার-টিম্যান বিক্রিয়া**—অ্যালকোহলীয় পটাস ক্ষার মাধ্যমে ক্লোরোফর্মের সহিত ফিনল উত্তপ্ত করিলে প্রধানতঃ অর্থো-হাইড্রক্সিবেঞ্জ্যালডিহাইড তথা স্যালিস্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। ইহাকে রাইমার-টিম্যান বিক্রিয়া বলে।



(v) **লিবারম্যান বিক্রিয়া**—গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ছোট একখণ্ড সোডিয়াম নাইট্রাইট ঈষৎ উষ্ণ করিয়া উহাতে এক ফোঁটা ফিনল যোগ করিলে প্রথমে লাল রং দেখা যায় এবং ইহা শীঘ্র গাঢ় নীল বর্ণে পরিবর্তিত হয়। এই নীল দ্রবণকে জলে ঢালিলে পুনরায় দ্রবণ লাল বর্ণ হয়; ইহাতে অতিরিক্ত ক্ষার দ্রবণ যোগ করিলে ইহা পুনরায় নীল দেখায়। এই বিক্রিয়া লিবারম্যান বিক্রিয়া নামে পরিচিত।

(vi) **ফিটিগ্‌ বিক্রিয়া**—ব্রোমোবেঞ্জিন ও মিথাইল আয়োডাইডের সহিত ধাতব সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় টলুইন পাওয়া যায়। রিফ্লাক্স শীতকযুক্ত একটি ফ্লাস্কে পরিষ্কার সোডিয়াম ধাতুর পাতলা টুকরা লইয়া উহাকে ইথার আবৃত করা হয়। অতঃপর বিন্দুপাতী ফানেল হইতে উহাতে ধীরে ধীরে ব্রোমোবেঞ্জিন ও মিথাইল আয়োডাইডের মিশ্রণ (1 : 1 আয়তন) যোগ করিলে টলুইন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া শেষে দ্রবণ পরিস্রুত করিয়া আংশিক পাতন দ্বারা টলুইন উদ্ধার করা হয়। ইহাকে ফিটিগ্‌ বিক্রিয়া বলে।

$$C_6H_5Br+CH_3I+2Na \rightarrow C_6H_5.CH_3+NaBr+NaI$$

প্রশ্ন : ৩৪। কি ঘটে, লিখ :— (i) প্রপিলিনের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটান হয় এবং বিক্রিয়া-জাত পদার্থকে আর্দ্র-বিশ্লেষণ করা হয় ; (ii) অনার্দ্র $AlCl_3$-এর উপস্থিতিতে বেঞ্জিনের সহিত আইসো-প্রোপাইল আয়োডাইড বিক্রিয়া করে ; (iii) মিথাইল অ্যামিনের সহিত নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটান হয় এবং উৎপন্ন পদার্থের সহিত পর্যায়ক্রমে লাল ফসফরাস ও আয়োডিন, পটাসিয়াম সায়ানাইড, জায়মান হাইড্রোজেন বিক্রিয়া করে ; (iv) অ্যাসেটিক অ্যাসিডের সহিত থায়োনিল ক্লোরাইড বা PCl_5-এর বিক্রিয়া ঘটাইয়া উৎপন্ন পদার্থের সহিত প্রথমে অ্যামোনিয়া ও পরে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটান হয়।

উত্তর : (i) প্রপিলিন অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন। ইহা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া যুত-যৌগ প্রোপাইল সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন করে ; ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া সেকেণ্ডারী আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়।

$$CH_3.CH{=}CH_2 \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3.CH(O.SO_3H)\,CH_3 \xrightarrow{H_2O} CH_3.CH(OH).CH_3$$

(ii) অনার্দ্র $AlCl_3$-এর উপস্থিতিতে আইসো-প্রোপাইল আয়োডাইড ও বেঞ্জিন উত্তপ্ত করিলে আইসো-প্রোপাইল বেঞ্জিন পাওয়া যায় এবং এক অণু জল অপসারিত হয় ; এক্ষেত্রে অনার্দ্র $AlCl_3$ অনুঘটকরূপে কাজ করে।

$$C_6H_6 + CH_3.CH(OH).CH_3 \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5.CH(CH_3)_2 + H_2O$$

(iii) স্বাভাবিক উষ্ণতায় মিথাইল অ্যামিনের সহিত নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় মিথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় : $CH_3.NH_2 + HNO_2 \rightarrow CH_3OH + N_2 + H_2O$. মিথাইল অ্যালকোহলের সহিত পর্যায়ক্রমে লাল ফসফরাস ও আয়োডিন, পটাসিয়াম সায়ানাইড ও জায়মান হাইড্রোজেন বিক্রিয়া করিয়া ইথাইল অ্যামিন উৎপন্ন করে। (বিবরণের জন্য ৩৯২ ক নং প্রশ্নোত্তর দেখ।)

(iv) অ্যাসেটিক অ্যাসিডের সহিত থায়োনিল ক্লোরাইড ($SOCl_2$) বা PCl_5-এর বিক্রিয়ায় কার্বক্সিল মূলক ($-COOH$)-স্থিত হাইড্রক্সিল গ্রুপ ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া অ্যাসিটিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ইহা অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যামাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়। অতঃপর অ্যাসিট্যামাইড স্বাভাবিক উষ্ণতায় নাইট্রাস অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড গঠন করে এবং নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$CH_3.COOH \xrightarrow[\text{বা } PCl_5]{SOCl_2} CH_3.COCl \xrightarrow{NH_3} CH_3.CONH_2 \xrightarrow{HNO_2} CH_3.COOH$$

প্রশ্ন : ৩৫। (i) সোডিয়াম, (ii) সালফিউরিক অ্যাসিড, (iii)

অ্যাসেটিক অ্যাসিড, (iv) জারক দ্রব্যের সহিত ক্রিয়া দেখাইয়া অ্যাল-কোহলীয় হাইড্রক্সিল মূলকের বিশিষ্ট ধর্মগুলি বিবৃত কর।

উত্তর : ৩৬৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (ii) অংশ দেখ।

প্রশ্ন : ৩৬। কিরূপে ইথাইল অ্যামিন এবং অ্যানিলিনের মধ্যে পার্থক্য দেখাইবে ?

উত্তর : ইথাইল অ্যামিন ও অ্যানিলিন উভয় যৌগেই অ্যামিনো মূলক, $-NH_2$ বর্তমান ; ফলে ইহারা উভয়েই কার্বাইল অ্যামিন বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়। ইথাইল অ্যামিন অ্যালিফ্যাটিক যৌগ বলিয়া ডায়াজোটিজেশন বিক্রিয়ায় সাড়া দেয় না কিন্তু অ্যারোমেটিক প্রাইমারী অ্যামিন অ্যানিলিন উপরোক্ত বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়।

শীতল অবস্থায় লঘু HCl-এ অ্যানিলিন দ্রবীভূত করিয়া উহাতে $NaNO_2$ দ্রবণ যোগ করিলে হলুদ বর্ণের বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে ফিনল পাওয়া যায় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$C_6H_5.NH_2.HCl+HNO_2 \rightarrow C_6H_5.N=NCl+2H_2O$$

$$C_6H_5.N=N.Cl+H_2O \rightarrow C_6H_5.OH+N_2+HCl$$

কিন্তু স্বাভাবিক উষ্ণতায় ইথাইল অ্যামিনের মধ্যে নাইট্রাস অ্যাসিড যোগ করিলে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$C_2H_5.NH_2+HNO_2 \rightarrow C_2H_5OH+N_2+H_2O$$

উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা সংসদ কর্তৃক প্রকাশিত

কয়েকটি নমুনা প্রশ্ন (Model Questions)

[এই তালিকায় দেয় প্রশ্নাবলী আদৌ সম্পূর্ণ নয়, কেবল উহাদের নির্দেশক মাত্র। ইহাতে অনেক বিষয় হইতে প্রশ্ন আদৌ সন্নিবিষ্ট হয় নাই, কোন একটি বিষয়ের সকল ধরণের প্রশ্ন লিপিবদ্ধ হয় নাই এবং গাণিতিক বিষয়ের কোন সমাধান নাই ; কিন্তু ইহা বুঝায় না যে উল্লিখিত ধরণের প্রশ্ন ছাড়াও অন্যান্য যে কোন ধরণের প্রশ্ন পরীক্ষার প্রশ্নপত্রে দেওয়া হইবে না।]

প্রথম পত্র (ক বিভাগ)

১। কিভাবে প্রমাণ করিবে যে, (ক) অক্সিজেন একটি মৌল, (খ) কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি যৌগ, (গ) বাতান্বিত জল সাধারণ মিশ্রণ।

২। নাইট্রোজেনের অক্সাইড সমূহের সংযুতি গুণানুপাত সূত্র ব্যাখ্যা করে—এই উক্তি সমর্থন কর।

৩। মিথোনুপাত সূত্রকে তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রও বলা হয় কেন ?

৪। ব্যাখ্যাসহ লিখ :—(*i*) এক মোল অক্সিজেন পরমাণু, এক মোল নাইট্রোজেন অণু, এক মোল অ্যামোনিয়াম আয়ন, (*ii*) ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন 35·46, (*iii*) সোডিয়াম কার্বনেটের ফর্ম্যাল দ্রবণ।

৫। কি কারণে অ্যাভোগ্যাড্রো তাঁহার প্রকল্প প্রকাশ করিয়াছেন ?

অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে প্রমাণ কর যে (*i*) কোন গ্যাসের আণবিক ওজন উহার আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ, (ii) N. T. P.-তে মোলার আয়তন 22·4 লিটার।

৬। রাসায়নিক সমীকরণ হইতে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পর্কিত কি কি বিষয় জানা যায় ?

৭। স্থুল সংকেত এবং আণবিক সংকেত সব সময় কি একই হয় ? উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

৮। নিম্নলিখিত উক্তিগুলির টীকাসহ বিশদভাবে ব্যাখ্যা কর :—

(ক) মৌলের তুল্যাঙ্কভার সর্বদাই সমান থাকে।

(খ) নিম্নলিখিত বিষয়গুলি হইতে 'X' মৌলের পারমাণবিক ওজন গণনা কর :— 85 গ্রাম XNO_2 যৌগে 32 গ্রাম অক্সিজেন ও 14 গ্রাম নাইট্রোজেন আছে (নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 14·0)। কোন্ বিষয়টি দেওয়া নাই তাহা নির্দেশ কর।

(গ) সকল অ্যাসিডে হাইড্রোজেন থাকে কিন্তু সব হাইড্রোজেন যৌগ অ্যাসিড নয়।

(ঘ) ফিনলফ্‌থ্যালিন নির্দেশক ব্যবহারে 10 মি.লি. নর্ম্যাল সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ প্রশমিত করিতে 5 মি. লি. নর্ম্যাল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের প্রয়োজন হয়

(ঙ) সোডিয়াম কার্বনেট প্রশম লবণ সত্ত্বেও ইহার দ্রবণ মিথাইল অরেঞ্জের নিকট ক্ষারীয় হয়।

(চ) জিঙ্ক অক্সাইড উভধর্মী অক্সাইড; নাইট্রিক অক্সাইড প্রশম অক্সাইড।

(ছ) কতকগুলি পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ উহাদের নিখুঁতভাবে ওজন না করিয়াও প্রস্তুত করা যায়।

(জ) কতকগুলি লবণে প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন থাকে, কিন্তু অপর লবণসমূহে উহা থাকে না।

৯। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াসমূহ উদাহরণস্বরূপ লইয়া জারণ ও বিজারণের ধারণা ব্যাখ্যা কর :—(i) $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$; (ii) $2Na+H_2=2NaH$; (iii) $I_2+H_2S=2HI+S$; (iv) $2KClO_3=2KCl+3O_2$.

১০। উত্তাপ অথবা তড়িৎ ব্যবহার না করিয়া কিভাবে (ক) কপার সালফেট হইতে কপার, (খ) লেড নাইট্রেট হইতে লেড প্রস্তুত করিবে?

১১। লিটার বায়ুচাপ প্রতি ডিগ্রী ঘন-সেন্টিমিটার পারদ প্রতি ডিগ্রী এবং ক্যালরি প্রতি ডিগ্রীতে আণব গ্যাস-ধ্রুবক R-এর মান প্রকাশ কর।

১২। গ্যাসীয় যৌগের আণবিক ওজন নির্ধারণে কিভাবে বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র ও অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প একসঙ্গে প্রয়োগ করা হয়?

১৩। ভরক্রিয়া সূত্র ব্যাখ্যাসহ বিবৃত কর এবং $A+2B \rightleftharpoons C+3D$ বিক্রিয়াটির সাম্য-ধ্রুবক প্রকাশ কর।

বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক হইলে সাম্যের উপর (ক) বর্ধিত চাপ, (খ) বর্ধিত উষ্ণতায় কি প্রভাব পড়িবে?

১৪। $2CO+O_2 \rightleftharpoons 2CO_2$ বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ নয়। কিভাবে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করা যায়?

১৫। ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন দেওয়া থাকিলে পরীক্ষার সাহায্যে কিভাবে সিলভারের পারমাণবিক ওজন নির্ধারণ করা হয়?

প্রথম পত্র (খ বিভাগ)

১। নিম্নলিখিত উক্তিগুলি সমর্থন কর—

(i) অ্যাসিড, ক্ষার ও জল হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যায়।

(ii) আণবিক ও পারমাণবিক অবস্থায় হাইড্রোজেনের ধর্মাবলী এক নয়।

(iii) অনুঘটক বিক্রিয়ার গতি প্রভাবিত করে।

২। জলের খরতা বলিতে কি বুঝায়? কোন জলের নমুনার খরতার এক অংশ কেবলমাত্র স্ফুটনের সাহায্যে এবং বাকী অংশ সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত ফুটাইলে দূরীভূত হয়—ব্যাখ্যা কর।

পাতিত জলে অল্প জিঙ্ক সালফেট যোগ করিলে উহা কি খর জলে পরিণত হইবে? লণ্ড্রী এবং বয়লারে খর জল ব্যবহার করিলে কি কি অসুবিধা হয়?

৩। পাতন-প্রক্রিয়া ব্যতীত কিভাবে পাতিত জলের গুণসম্পন্ন জল পাওয়া যায়।

৪। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে কিভাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। ওজোনের সহিত ইহার ধর্মের তুলনা কর।

৫। বায়ুর সংযুতি নির্ধারণের উপর ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষার গুরুত্ব ব্যাখ্যা কর।

৬। কিরূপে প্রমাণ করিবে যে : (i) নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন, (ii) সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফার, (iii) ক্যালসিয়াম কার্বনেটে কার্বন বিদ্যমান।

৭। কিপ্-যন্ত্রের পরিষ্কার চিত্র আঁক। কিপ্-যন্ত্র ব্যবহার করিয়া প্রস্তুত করা যায় এরূপ তিনটি গ্যাসের নাম কর।

(ক) কিপ্ যন্ত্র, (খ) অপর কোন যন্ত্র ব্যবহার করিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড কিরূপে প্রস্তুত করা যায় ব্যাখ্যা কর।

৮। (ক) কিভাবে (i) অ্যামোনিয়া, (ii) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস, (iii) নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাসজারে সংগ্রহ করিবে?

(খ) নিম্নলিখিত গ্যাসগুলি কিরূপে শুষ্ক করা হয় :—(i) হাইড্রোজেন, (ii) অ্যামোনিয়া, (iii) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, (iv) নাইট্রিক অক্সাইড।

৯। (i) কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড, (ii) অ্যামোনিয়া ও ফসফিন, (iii) HCl, HBr ও HI-এর মধ্যে ধর্মের তুলনা কর।

১০। তিনটি জারে বর্ণহীন গ্যাস নাইট্রাস অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে। প্রত্যেকটির উপর একটিমাত্র পরীক্ষার সাহায্যে কিভাবে সনাক্ত করিবে?

১১। (ক) সোডিয়াম আয়োডাইড এবং সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না—ব্যাখ্যা কর।

(খ) পদার্থগুলি সনাক্ত কর—

(i) একটি সাদা গুঁড়া A উত্তপ্ত করিলে যে গ্যাস নির্গত হয় তাহা চুন-জল ঘোলাটে করে; অবশেষটি উত্তপ্ত অবস্থায় হাল্কা হলুদবর্ণ কিন্তু শীতল অবস্থায় সাদা দেখায়।

(ii) একটি বর্ণহীন কঠিন পদার্থ B 44°C উষ্ণতায় গলে; কষ্টিক সোডা দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইহা একটি গ্যাস নির্গত করে যাহা স্বতঃস্ফূর্তভাবে বায়ুতে জ্বলে। B-কে সূর্যালোকে রাখিয়া দিলে উহা ধীরে ধীরে লালবর্ণ হয় কিন্তু বায়ুর অনুপস্থিতিতে প্রায় 260°C উষ্ণতায় কঠিন পদার্থটিকে উত্তপ্ত করিলে উপরোক্ত পরিবর্তন দ্রুত সংঘটিত হয়।

১২। হেবার পদ্ধতিতে কিভাবে অ্যামোনিয়ার পণ্যোৎপাদন করা হয়? ইহাতে অন্তর্ভুক্ত কার্যনীতি ব্যাখ্যা কর।

১৩। কিরূপে অ্যামোনিয়াকে (i) ইউরিয়া, (ii) নাইট্রিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত করা হয়?

১৪। কি ঘটে, সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর, যখন—

(i) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ ধীরে ধীরে যোগ করা হয়।

(ii) জিঙ্ক-চূর্ণ ও কষ্টিক সোডার সহিত সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ উত্তপ্ত করা হয়।

(iii) উত্তপ্ত ক্যালসিয়ামের উপর দিয়া নাইট্রোজেন প্রবাহিত করা হয় এবং উৎপন্ন পদার্থের সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটান হয়।

(iv) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত পটাসিয়াম নাইট্রাইট ও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের মিশ্রণে শ্বেতসার যোগ করা হয়।

(v) কষ্টিক সোডা দ্রবণের সহিত সাদা ফসফরাস ফুটান হয় এবং নির্গত গ্যাস কপার সালফেট দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করা হয়।

১৫। পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ কর যে রম্বিক এবং মনোক্লিনিক সালফার একই মৌলিক পদার্থ।

দ্বিতীয় পত্র (ক বিভাগ)

১। আল্‌ফা-কণিকার বিচ্ছুরণের উপর রাদারফোর্ডের পরীক্ষা সংক্ষেপে বর্ণনা কর এবং ইহার সাহায্যে পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে রাদারফোর্ডের মডেলের ধারণা ব্যাখ্যা কর।

পরমাণুর সম্পর্কিত রাদারফোর্ডের মডেলের কি কি অসঙ্গতি ছিল? কিভাবে ব'য়র ইহা পরিবর্তিত করিয়া উৎকর্ষ সাধন করিয়াছিলেন?

২। (ক) ইলেকট্রন-বিন্যাসের ভিত্তিতে পর্যায়-সারণীর একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

(খ) পর্যায়-সারণীর (i) শ্রেণী ও উপশ্রেণী, (ii) পর্যায় কি?

৩। ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতা বলিতে কি বুঝায় ব্যাখ্যা কর। বন্ধনের সাহায্যে সংযুক্ত পরমাণুর ঋণাত্মক তড়িৎ-ধর্মিতার উপর কিভাবে রাসায়নিক বন্ধনের ধ্রুবীয়তা নির্ভর করে।

৪। (ক) তড়িৎ-যোজী এবং সমযোজী যৌগের মধ্যে ধর্মের তুলনা কর।

(খ) নিম্নলিখিত যৌগসমূহে কি ধরণের বণ্ড ক্রিয়া করে:—

(i) CO_2, (ii) $MgCl_2$, (iii) NH_4Cl, (iv) C_2H_4, (v) Ice, (vi) $[Cu(NH_3)_4]SO_4$.

৫। দ্রাব্যতা গুণফল দ্বারা কি বুঝায় ব্যাখ্যা কর।

ব্যাখ্যা কর, কেন—(i) অম্লীকৃত জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ হইতে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহে জিঙ্ক সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় না। (ii) সোডিয়াম ক্লোরাইডের সংপৃক্ত দ্রবণ হইতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস প্রবাহে উহা অধঃক্ষিপ্ত হয়। (iii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবীভূত হয়।

৬। (ক) নিম্নলিখিতগুলির উত্তর দাও:—

(i) সকল সমযোজী যৌগ কি অ-ধ্রুবীয়?

(ii) ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন পূর্ণ-সংখ্যা নয় কেন?

(iii) মৌলের সমস্থানিকগুলি বিভিন্ন পারমাণবিক ভরবিশিষ্ট কিন্তু একই রাসায়নিক গুণসম্পন্ন হয় কেন?

(খ) একটি পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 12-টি নিউট্রন এবং পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে 11-টি ইলেকট্রন আছে। মৌলের পারমাণবিক ভর এবং তড়িৎ-যোজ্যতা কত ?

পরমাণুটির স্তর ও অনুস্তরে ইলেকট্রন বণ্টন নির্দেশ কর।

(গ) সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে 11 এবং 19. ইলেকট্রনীয় মতবাদ হইতে ব্যাখ্যা কর (i) সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের ধর্মসমূহ সদৃশ কেন ? (ii) প্রত্যেক মৌলের যোজ্যতা কি হওয়া উচিত ?

৭। নিম্নলিখিতগুলি ব্যাখ্যা কর :—

(i) প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে কপার সালফেট দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে কপার এবং অ্যানোডে অক্সিজেন মুক্ত হয়।

(ii) গলিত ক্র্যাইয়োলাইটে দ্রবীভূত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে অ্যানোডে অক্সিজেন নির্গত হয়—ফ্লুরিণ নির্গত হয় না।

(iii) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া ধাতব সোডিয়াম প্রস্তুত করা যায় না।

৮। নিম্নলিখিতগুলির উত্তর দাও :—

(i) অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যার মান দেওয়া আছে, কিভাবে ফ্যারাডে সূত্র সাহায্যে ইলেকট্রনের তড়িৎ-শক্তি নির্ধারণ করা যায়।

(ii) তড়িৎ পরিবহণে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন উভয়ই একই দিকে তড়িৎ বহন করে।

৯। সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—(i) দ্রাব্যতা-ছক্, (ii) কোলয়েড, (iii) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, (iv) হাইড্রোজেন বণ্ড, (v) মেণ্ডেলিফ কর্তৃক নিরুদ্দিষ্ট মৌলসমূহের ভবিষ্যদ্বাণী।

দ্বিতীয় পত্র (খ বিভাগ)

১। (ক) আয়রণের প্রধান আকরিকগুলির নাম কর। আয়রণ আকরিক পাওয়া যায় এরূপ ভারতের তিনটি স্থানের নাম লিখ।

(খ) প্রধান বিক্রিয়াসমূহ বর্ণনা করিয়া পিগ্ আয়রণের প্রস্তুত পদ্ধতি লিখ।

(গ) কাস্ট আয়রণে নিষ্কাশনের জন্য দুর্গাপুরকে উপযুক্ত স্থান হিসাবে মনোনীত করা হইয়াছে কেন ?

(ঘ) কিভাবে ফেরাস এবং ফেরিক লবণের মধ্যে পার্থক্য করিবে ?

২। কি ঘটে, সমীকরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর, যখন—

(i) সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের বিক্রিয়া ঘটান হয়।

(ii) অ্যামোনিয়া সংপৃক্ত ব্রাইনের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করা হয়।

(iii) উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড এবং কোকের মিশ্রণের মধ্যে ক্লোরিন পরিচালিত করা হয়।

(iv) সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত ফেরিক অক্সাইড বিগলিত করা হয় এবং উৎপন্ন পদার্থের সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটান হয়।

(v) সোডিয়াম কার্বনেটের সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করা হয়।

৩। সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—(i) ধাতুমল ও বিগালক, (ii) কার্বন বিজারণ পদ্ধতি (iii) সুপারফসফেট অব লাইম।

৪। পাঠ্যক্রমের অন্তর্ভূক্ত কোন্ ধাতু কার্বন দ্বারা বিজারিত হয় না? উত্তরের কারণ দেখাও। আকরিক হইতে উহাদের নিষ্কাশনে কোন্ পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়?

দ্বিতীয় পত্র (গ বিভাগ)

১। কিভাবে বিশুদ্ধ নমুনার ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করিবে? ব্যবহৃত যন্ত্রপাতির পরিষ্কার চিত্র আঁক।

রাসায়নিক সমীকরণসহ ইহার দুইটি ভৌত ধর্ম এবং তিনটি রাসায়নিক ধর্ম বর্ণনা কর। ইহার দুইটি ব্যবহার লিখ।

কিভাবে ক্লোরোফর্ম সঞ্চিত রাখা হয়?

২। শোধিত অ্যালকোহল হইতে কিভাবে অনার্দ্র নমুনার ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করিবে? ইথাইল অ্যালকোহল হইতে আরম্ভ করিয়া কিরূপে (i) ইথাইল আয়োডাইড, (ii) ইথিলিন, (iii) অ্যাসিট্যালডিহাইড, (iv) ইথেন, (v) আয়োডোফর্ম, (vi) ডাই-ইথাইল ইথার, (vii) অ্যাসিটোন পাওয়া যায়?

৩। নিম্নলিখিত যৌগদ্বয়ের মধ্যে কিরূপে পার্থক্য দেখাইবে?—

(i) মিথাইল অ্যালকোহল এবং ইথাইল অ্যালকোহল।

(ii) ইথাইল অ্যালকোহল এবং অ্যাসিটোন।

(iii) ইথিলিন এবং অ্যাসিটিলিন।

(iv) ফরম্যালডিহাইড এবং অ্যাসিট্যালডিহাইড।

(v) ইথাইল অ্যামিন এবং অ্যানিলিন।

৪। উপযুক্ত উদাহরণসহ নিম্নলিখিত পদগুলির সংজ্ঞা লিখ :—(i) মূলক, (ii) কার্যকরী পরমাণুপুঞ্জ, (iii) সমাবয়বতা, (iv) অ্যারোমেটিক এবং অ্যালিফ্যাটিক যৌগ, (v) অসংপৃক্ততা, (vi) সমগণীয় শ্রেণী, (vii) মেটামেরিজম্, (viii) অ্যালডোল কনডেনসেশন, (iv) পলিমারিজেশন।

৫। (i) একটি অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন X সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যালকিল সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন করে; ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়। X-এর গঠন-সংকেত দাও।

(ii) $CH_3COOH \xrightarrow{SOCl_2} A \xrightarrow{NH_3} B \xrightarrow{HNO_2} C$. A, B এবং C-এর গঠন-সংকেত লিখ।

(iii) C_3H_8O আণবিক সংকেত বিশিষ্ট সমস্ত সমাবয়বী যৌগের যোজ্যতা বন্ধসহ গঠন লিখ। জেনেভা নামকরণ অনুযায়ী যৌগসমূহের নাম কর।

৬। (i) মিথেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন এবং বেঞ্জিনের সহিত ব্রোমিনের ক্রিয়া, (ii) অ্যাসিট্যালডিহাইড এবং অ্যাসিটোনের সহিত লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইডের ক্রিয়া বর্ণনা কর।

৭। সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর—

(i) $CH_3.CHO \xrightarrow{Ag_2O}$ (ii) $CaC_2 \xrightarrow{H_2O}$

(iii) $C_6H_6 \xrightarrow{\text{Iso-propyl iodide + anhydrous } AlCl_3}$

(iv) $CH_3I \xrightarrow{Na(m)}$ (v) $C_2H_2 \xrightarrow{HgSO_4 \text{ in dilute } H_2SO_4}$

৮। নিম্নলিখিত বণ্ড কোণগুলির মান কি :—(i) মিথেনের H – C – H বণ্ড কোণ, (ii) ইথিলিনের H – C = C – H বণ্ড কোণ, (iii) অ্যাসিটিলিনের H – C ≡ C – H বণ্ড কোণ, (iv) বেঞ্জিনের C – C – C বণ্ড কোণ।

৯। জৈব রসায়নে নিম্নলিখিত বিকারকগুলির ব্যবহার ব্যাখ্যা করিয়া একটি বিক্রিয়া উল্লেখ কর :—

(i) ধাতব সোডিয়াম, (ii) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, (iii) PCl_5, (iv) ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড, (v) KCN, (vi) টিন এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

১০। নিম্নলিখিত নাম বিক্রিয়ার উপর টীকা লিখ :—(i) স্যাণ্ডমায়ার বিক্রিয়া, (ii) ফ্রিডেল-ক্রাফ্‌ট বিক্রিয়া, (iii) ক্লিমেনসেন বিজারণ, (iv) হফ্‌ম্যান অবনয়ন।

১১। কিভাবে রূপান্তরিত করিবে—

(i) অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে মিথেনে, (ii) ইথাইল অ্যালকোহলকে মিথাইল অ্যালকোহলে, (iii) মিথাইলঅ্যামিনকে ইথাইলঅ্যামিনে, (iv) অ্যানিলিনকে বেঞ্জিনে।

১২। সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে কিভাবে মিথানলের পণ্য উৎপাদন করা হয়? কিরূপে ইহাকে ফরম্যালডিহাইডে রূপান্তরিত করা যায়? ফরম্যালিন কি?

ভ্রম সংশোধন

12 পৃষ্ঠার দ্বিতীয় স্তবকের জায়গায় নিম্নলিখিত উত্তর দিবে।

অ্যামোনিয়াম সায়ানেট, NH_4CNO ও ইউরিয়া, $CO(NH_2)_2$ নামক দুইটি ভিন্নধর্মী যৌগে একই মৌল N, H, C ও O বর্তমান এবং মৌলগুলি নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে সংযুক্ত আছে। এক্ষেত্রে মৌলিক উপাদানগুলি ওজনের নির্দিষ্ট অনুপাতে যুক্ত হইয়াও সমধর্মী একই যৌগ উৎপন্ন করে না। ইহাদের সমাবয়বী যৌগ বলে এবং এরূপ ঘটনাকে সমাবয়বতা বলা হয়। সাধারণতঃ জৈব যৌগে ইহা প্রচুর দেখা যায়। যেমন ইথাইল অ্যালকোহল, C_2H_5OH ও ডাই-মিথাইল ইথার, $CH_3.O.CH_3$ সমাবয়বী সম্পূর্ণ ভিন্নধর্মী যৌগ দুইটিতে একই মৌলিক উপাদান C, H ও O নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে যুক্ত আছে। অতএব বলা যায়, স্থিরানুপাত সূত্রের বিপরীত বিবৃতি সর্বদা সত্য হয় না।

প্রশ্ন পত্র—১৯৭৮

রসায়ন—প্রথম পত্র

গ্রুপ—A

1 নং প্রশ্ন অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।

1. (a) মোলের রাসায়নিক সংযোগ সম্পর্কিত গুণানুপাত সূত্রটি লিখ এবং উপযুক্ত উদাহরণ দিয়া সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। **2+1**

(b) 0·90 গ্রাম জলের মধ্যে অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা কত? **2**

উত্তর : (a) ১২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) জল (H_2O)-এর গ্রাম-আণবিক ওজন 18 গ্রাম এবং এক অণু জলে 1-টি অক্সিজেন পরমাণু আছে। অতএব 0·90 গ্রাম জলের মধ্যে $\frac{6.023\times 10^{23}}{18}\times 0.90$ $=3.0115\times 10^{22}$ সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণু বিদ্যমান।

অথবা, (a) মোলের তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা দাও। **2**

(b) একটি ধাতব অক্সাইডে 60% ধাতু আছে। ঐ ধাতুটির তুল্যাঙ্ক কত? **3**

উত্তর : (a) ৪১ (i) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) 12 ; সমাধানের জন্য 93 পৃষ্ঠার ৩নং উদাহরণ দেখ।

2. (a) অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পটি বিবৃত কর। এই প্রকল্পটির প্রয়োজন কেন হইয়াছিল? **2+3**

(b) 27°C-এর 750মি.মি. (mm.) চাপে একটি গ্যাস-মিশ্রণে আয়তন হিসাবে 80% CO এবং 20% CO_2 আছে। এই মিশ্রণের 1·52 লিটারে কত গ্রাম CO_2 আছে? **5**

উত্তর : (a) ১৬নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ এবং ১৭নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) N.T.P.-তে মিশ্রণটির আয়তন, $V=\frac{1.52\times 750\times 273}{760\times(273+27)}=1.366$ লিটার;

অতএব ইহাতে CO_2-এর পরিমাণ $=\frac{1.366\times 20}{100}=0.2732$ লিটার এবং ইহার ওজন $=\frac{44\times 0.2732}{22.4}=0.5368$ গ্রাম।

3. (a) 'নর্মাল দ্রবণ' কাহাকে বলে ? **2**

(b) একটি লেবরেটারী বোতলে 12N HCl বলিয়া চিহ্নিত আছে। ইহা হইতে 20 c.c. 3N HCl দ্রবণ কিরূপে তৈয়ারী করিবে ? **2**

(c) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 5·6 লিটার শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস এক লিটার নর্মাল H_2SO_4 দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করা হইল। এখন মিশ্রণটিকে প্রশমিত করিতে কত আয়তন O·1N KOH দ্রবণ লাগিবে ?
[প্রয়োজন হইলে S=32 এবং N=14 ব্যবহার করিতে পার 1]

উত্তর : (a) ৬৬ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(b) $V \times 12N = 20 \times 3N$; অর্থাৎ $V = \frac{20 \times 3N}{12N} = 5$ সি. সি.। অতএব বোতলের 5 সি.সি. অ্যাসিডে 15 সি.সি. জল মিশাইলে উৎপন্ন 20 সি.সি. HCl দ্রবণের মাত্রা 3N হইবে।

(c) অ্যামোনিয়া গ্যাস (NH_3)-এর অম্লগ্রাহিতা 1 ; অতএব প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার শুষ্ক NH_3 গ্যাস ≡ 1 গ্রাম-তুলাঙ্ক NH_3 গ্যাস ≡ 1 লিটার N (NH_3) দ্রবণ। সুতরাং 5·6 লিটার শুষ্ক NH_3 গ্যাস $\equiv \frac{5·6}{22·4} = 0·25$ লিটার N (NH_3) দ্রবণ। ইহা 0·25 লিটার N(H_2SO_4) দ্রবণ প্রশমিত করিবে।

অতএব মিশ্রণে অ্যাসিডের পরিমাণ $= (1 - 0·25) = 0·75$ লিটার N H_2SO_4 দ্রবণ। ইহাকে প্রশমিত করিতে 0·75 লিটার N KOH দ্রবণ অর্থাৎ 7·5 লিটার O·IN KOH দ্রবণ লাগিবে।

4. (a) উপযুক্ত উদাহরণ সহযোগে জারণ ও বিজারণ পদ্ধতির ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা দাও। জারণ বিজারণ ক্রিয়া একই সঙ্গে ঘটে, তাহা বুঝাইয়া দাও। **4+2**

(b) $KMnO_4$ যৌগে Mn-এর এবং C_2H_4 যৌগে C-এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর। **4**

উত্তর : (a) ১৩১ (ক) নং প্রশ্নোত্তর এবং ১৩২ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) ১৩৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

C_2H_4 যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা −1 ; এক্ষণে কার্বনের জারণ-সংখ্যা x হইলে, $C_2^{x}H_4^{-1}$ অর্থাৎ $2 \times x - 1 \times 4 = 0$; অতএব $x = +2$.

5. (a) (i) একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও 2 অ্যাটমসফিয়ার পূর্ণ চাপে (total presoure) NO_2 (গ্যাস) + CO (গ্যাস) ⇌ CO_2 (গ্যাস) + NO (গ্যাস)। এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়া-জাত পদার্থগুলি সাম্যাবস্থায় (equilibrium) আছে। এখন পূর্ণ চাপ যদি 4 অ্যাটমসফিয়ার পর্যন্ত বাড়ান হয়, তাহা হইলে বিক্রিয়া-জাত পদার্থগুলির পরিমাণ বৃদ্ধি পাইবে, হ্রাস পাইবে না অপরিবর্তিত থাকিবে—তাহা বুঝাইয়া লিখ। **3**

(ii) উপরি-উক্ত বিক্রিয়ায় যদি বাহির হইতে CO গ্যাস প্রবেশ করাইয়া CO-এর অংশপ্রেষ (**partial pressure**) বাড়ান হয়, তাহা হইলে বিক্রিয়া-জাত পদার্থের পরিমাণ কিরূপভাবে প্রভাবিত হইবে? [গুণমূলক (**qualitative**) বর্ণনায় উত্তর দাও।] **3**

(b) যদি ফিনলথ্যালিন সূচক (**indicator**) ব্যবহার করা হয়, তাহা হইলে 10 সি.সি. 1·0N Na_2CO_3 দ্রবণের প্রশমণের জন্য 5 সি.সি. 1·0N HCl দ্রবণের প্রয়োজন কেন, তাহা বুঝাইয়া লিখ। **4**

উত্তর : (a) (i) বিক্রিয়া-জাত পদার্থগুলির পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকিবে। কারণ বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়া-জাত পদার্থগুলির অণু-সংখ্যা তথা আয়তন সমান থাকে বলিয়া লা শাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে বিক্রিয়া-সাম্যের উপর চাপের কোন প্রভাব থাকে না। ফলে উক্ত বিক্রিয়ায় চাপ 2 অ্যাটমসফিয়ার হইতে 4 অ্যাটমসফিয়ার পর্যন্ত বাড়াইলে বিক্রিয়া-জাত পদার্থগুলির পরিমাণের কোন হেরফের হয় না।

(ii) বিক্রিয়া-জাত পদার্থগুলির পরিমাণ বাড়িবে। ব্যাখ্যার জন্য ১০২ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (*iii*) অংশ দেখ।

(b) বিবিধ প্রশ্নমালার ১৩ (*iv*) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

6. নিম্নলিখিত বিবৃতগুলির ব্যাখ্যা কর :— **$2\frac{1}{2} \times 4$**

(a) যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত সব সময়ে এক হয় না। (b) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড একটি উভধর্মী অক্সাইড। (c) ফেরিক ক্লোরাইড শমিত লবণ হইলেও উহার জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। (d) অ্যাসিড মাত্রেই হাইড্রোজেন আছে, কিন্তু হাইড্রোজেন থাকিলেই অ্যাসিড হয় না।

উত্তর : (a) ৩৯ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) ৬৩ (iii) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। [এক্ষেত্রে Zn-এর স্থলে Al পড়িবে। বিক্রিয়া $Al_2O_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$; $Al_2O_3 + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2O$.]

(c) ৩৪০ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। [$FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3$ (মৃদু ক্ষারক) $+ 3HCl$ (তীব্র অ্যাসিড)]

(d) বিবিধ প্রশ্নমালার ১৩ (*i*) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

গ্রুপ—B

7 নং প্রশ্ন অবশ্যই করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।

7. জলের 'খরতা' বলিতে কি বুঝায়? কি কি কারণে খরতার সৃষ্টি হয় বুঝাইয়া লিখ। **5**

উত্তর : ১৬৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তর এবং ১৬৫ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

অথবা, প্রমাণ কর যেঃ—(a) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ক্লোরিন আছে। (b) নাইট্রিক অ্যাসিডে অক্সিজেন আছে। 2+3

উত্তর : (a) ২৬৬ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

(b) ২০৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (iii) অংশ দেখ।

৪. কি ঘটে, তাহা সমীকরণসহ বর্ণনা কর (যে কোন চারিটি):— $2\frac{1}{2}\times 4$

(a) অস্থিভস্ম, বালি ও কাঠ কয়লা চূর্ণের মিশ্রণকে ইলেকট্রিক চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হইল। (b) সোডিয়াম আয়োডাইড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করা হইল। (c) নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরাস সালফেট দ্রবণে চালনা করা হইল। (d) ঠাণ্ডা এবং লঘু (dilute) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হইল। (e) কস্টিক পটাশ দ্রবণের সহিত শ্বেত ফসফরাস ফুটান হইল।

উত্তর : (a) ২২৯ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) ২৬৯ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(c) ২১০ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

(d) ২৫৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (v) অংশ দেখ।

(e) ২৩৩ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

9. ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের যে কোন তিনটি রাসায়নিক ধর্মের তুলনামুলক বিবরণ লিখ। ক্লোরিন ও আয়োডিনের প্রত্যেকটির দুইটি করিয়া ব্যবহারের উল্লেখ কর। 6+4

উত্তরঃ ২৬৪ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। ২৫৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তর এবং ২৬৩ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

10. (a) শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস তৈরীর লেবরেটরী পদ্ধতিটির সমীকরণসহ বর্ণনা দাও। 5

(b) নিম্নোক্ত ক্ষেত্রে কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ:—(*i*) NH_3 গ্যাস গলিত সোডিয়াম ধাতুর উপর পরিচালনা করা হইল। (*ii*) কপার সালফেট দ্রবণে NH_4OH দ্রবণ ক্রমে ক্রমে অতিরিক্ত পরিমাণে ঢালা হইল। 2+3

উত্তর : (a) ১৯৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) (i) ১৯৫ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (vi) অংশ দেখ।

(ii) ১৯৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (v) অংশ দেখ।

11. (a) স্পর্শ পদ্ধতি দ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিতে হইলে যে সকল শর্ত পালন করা উচিত তাহা আলোচনা কর। 5

(b) গ্যাসীয় সালফার ট্রাই-অক্সাইড হইতে কিভাবে সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যাইবে? **1**

(c) নিরুদক দ্রব্য (dehydrating agent) হিসাবে এবং জারক দ্রব্য (oxidising agent) হিসাবে সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি করিয়া ব্যবহারের সমীকরণসহ উল্লেখ কর। **4**

উত্তর: (a) ২৫৫ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) ২৫৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের শেষাংশ দেখ। ব্যাখ্যার জন্য ২৫৫ (খ) প্রশ্নোত্তরের শেষাংশ দেখ।

(c) ২৫২ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (*ii*) এবং (*v*) অংশ দেখ।

12. নিম্নলিখিত যৌগ ও মিশ্রণগুলি আলাদা আলাদা ভাবে উত্তপ্ত করিলে যে যে পদার্থ পাওয়া যাইবে সমীকরণসহ লিখ :— $2\frac{1}{2}\times 4$

(*i*) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, (*ii*) পটাসিয়াম নাইট্রেট, (*iii*) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ, (*iv*) লেড নাইট্রেট।

উত্তর: (*i*), (*ii*) এবং (*iv*) ২১০ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। [সোডিয়ামের স্থলে পটাসিয়াম হইবে : বিক্রিয়া $2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$.]

(*iii*) ১৯১ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

রসায়ন—দ্বিতীয় পত্র

গ্রুপ—A

যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।

1. যে তিনটি আদি কণার সমন্বয়ে মৌলের পরমাণু গঠিত, তাহাদের নাম লিখ। এই তিনটি আদি-কণার সঙ্গে পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক ও পারমাণবিক গুরুত্বের সম্পর্ক কি? ক্লোরিন-35 ও ক্লোরিন-37 এর পরমাণুতে তিন আদি-কণার সংখ্যা কারণসহ নির্দেশ কর (ক্লোরিনের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 17)। **2+4+4**

উত্তর: ১০৭ (ক) নং প্রশ্নোত্তর এবং ১১৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

পারমাণবিক গুরুত্ব=প্রোটন সংখ্যা+নিউট্রন সংখ্যা, কারণ ইলেকট্রনের ওজন খুবই নগণ্য। ক্লোরিন 35-এর কেন্দ্রকে 17-টি প্রোটন ও 18-টি নিউট্রন এবং উহার চতুর্দিকে ইলেকট্রন মহলে 17-টি ইলেকট্রন থাকে। অপরদিকে ক্লোরিন 37-এর কেন্দ্রকে 17 টি প্রোটন ও 20-টি নিউট্রন এবং উহার চতুর্দিকে ইলেকট্রন মহলে 17-টি ইলেকট্রন থাকে। ক্লোরিনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 17 বলিয়া উভয়ের কেন্দ্রকেই 17-টি প্রোটন থাকিবে;

আবার পরমাণু তড়িৎ-নিরপেক্ষ বলিয়া উহাদের প্রত্যেকটির বহিঃস্থ কক্ষে 17-টি ইলেকট্রন থাকিবে। যেহেতু উহাদের ভরসংখ্যা যথাক্রমে 35 ও 37, অতএব কেন্দ্রকে প্রথমটিতে $(35-17)=18$-টি নিউট্রন এবং দ্বিতীয়টিতে $(37-17)=20$-টি নিউট্রন বর্তমান।

2. ব্যাখ্যাসহ নিম্নলিখিত বক্তব্য বিষয়গুলির কোন্‌টি ভুল আর কোন্‌টি নির্ভুল তাহা লিখ (যে কোন চারিটির উত্তর কর) :— $2\frac{1}{2}\times 4$

(a) সোডিয়াম ক্লোরাইড একটি সমযোজী (covalent) যৌগ। (b) একই মৌলের আইসোটোপগুলি ভিন্ন রাসায়নিক ধর্ম প্রদর্শন করে। (c) A এবং B বিভিন্ন মৌল হইলে দ্বি-পরমাণুক AB অণুটি ধ্রুবীয় (polar) হইবে। (d) শুধুমাত্র ইলেকট্রোযোজী যৌগেরই তড়িৎ বিশ্লেষণ সম্ভব—সমযোজী যৌগের নহে। (e) ইলেকট্রনের আধান (charge) জানা থাকিলে অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা নির্ণয় করা যায়। (f) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা ইহার জলে দ্রাব্যতা অপেক্ষা বেশী।

উত্তর : (a) ভুল; সোডিয়াম ক্লোরাইড আয়নীয় যৌগ। ব্যাখ্যার জন্য ১২৪ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) ভুল; উহাদের রাসায়নিক ধর্ম অভিন্ন। ব্যাখ্যার জন্য ১১৯ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(c) নির্ভুল। ব্যাখ্যার জন্য ১২৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(d) নির্ভুল। ইলেকট্রোযোজী যৌগে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তড়িৎযুক্ত দুইটি অংশ থাকে। দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় উহারা আয়নিত হয় এবং উহারা পরস্পর হইতে সহজেই বিচ্ছিন্ন হইয়া সাধারণভাবে গতিশীল হয় এবং তড়িৎ পরিবহন করে। এই কারণে উহাদের তড়িৎ বিশ্লেষণ সম্ভব।

(e) নির্ভুল। ব্যাখ্যার জন্য ৭৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ দেখ।

(f) ভুল; সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা কম হইবে। ব্যাখ্যার জন্য বিবিধ প্রশ্নমালার ২৩ (v) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

3. পর্যায় সারণীর (i) গোষ্ঠী এবং (ii) পর্যায় বলিতে কি বুঝায়? সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ও সিলিকনের অক্সাইডগুলির একটি রাসায়নিক ধর্মের নিয়মিত ক্রম বিবর্তন দেখাইয়া দাও। 6+4

উত্তর : (i) এবং (ii) ১৩৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

দ্বিতীয় অংশ—১৪১ নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

অথবা, সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ (যে কোন চারিটি) :— $2\frac{1}{2}\times 4$

(i) দ্রাব্যতা লেখ; (ii) তড়িৎ রাসায়নিক তুলাঙ্ক; (iii) কোলয়েড; (iv) α-রশ্মি; (v) 23 নং মৌলের কেন্দ্রীণ বহির্ভূত (extra-nuclear) ইলেকট্রন বিন্যাস।

উত্তর : (i) ৮৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) ৭৪ (i) ও (ii) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(iii) ৮৬ (খ) ও (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(iv) ১০৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(v) $1s^2.2s^2 2p^6.3s^2 3p^6 3d^3.4s^2$; যেহেতু মৌলের পরমাণুর বহিঃস্থ কক্ষে সর্বমোট 23-টি ইলেকট্রন আছে।

গ্রুপ—B

যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।

4. **কি ঘটে, সমীকরণসহ বর্ণনা কর (যে কোন চারিটি) :—** $2\frac{1}{2} \times 4$

(a) **অতিরিক্ত পরিমাণ CO_2 ক্রমে ক্রমে $Ca(OH)_2$-এর জলীয় দ্রবণে চালনা করা হইল।** (b) **অ্যালুমিনা ও কার্বনের উত্তপ্ত মিশ্রণের উপর ক্লোরিন চালনা করা হইল।** (c) **লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরিক সালফেট দ্রবণে চূর্ণ লোহা যোগ করা হইল।** (d) **কপার সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড যোগ করা হইল।** (e) **জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ ক্রমে ক্রমে ঢালা হইল।**

উত্তর : (a) ২২০ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (ii) অংশ দেখ।

(b) ৩৩০ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(c) দ্রবণে ফেরাস সালফেট উৎপন্ন হয়। প্রথমে দ্রবণস্থিত লঘু H_2SO_4 লৌহ চূর্ণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে; ইহা পরে ফেরিক সালফেটকে বিজারিত করিয়া ফেরাস সালফেটে পরিণত করে। ফলে পীতাভ দ্রবণ ফিকে সবুজ বর্ণে রূপান্তরিত হয় : $Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + 2H$; $Fe_2(SO_4)_3 + 2H = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$.

(d) সাদা কিউপ্রাস আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন আয়োডিন জলে দ্রবীভূত হইয়া গাঢ় বাদামী বর্ণের দ্রবণ সৃষ্টি করে। এক্ষেত্রে কিউপ্রিক আয়ন, Cu^{++} পটাসিয়াম আয়োডাইডকে জারিত করিয়া আয়োডিন মুক্ত করে এবং নিজে কিউপ্রাস আয়নে, Cu_2^{++} বিজারিত হয় : $2CuSO_4 + 4KI = Cu_2I_2 + 2K_2SO_4 + I_2$.

(e) প্রথমে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা অতিরিক্ত বিকারকের সহিত দ্রাব্য সোডিয়াম জিঙ্কেট উৎপন্ন করে; ফলে বর্ণহীন দ্রবণ পাওয়া যায় : $ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2 + Na_2SO_4$; $Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$.

5. সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর :— 3+3+4

(a) কিরূপে মারুত চুল্লীতে ধাতুমল (slag) উৎপন্ন হয় ? (b) মারুত চুল্লীতে কিরূপে হিমাটাইট বিজারিত হইয়া লৌহে পরিণত হয় ? (c) বিশোধিত অ্যালুমিনা হইতে কিভাবে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু পাওয়া যায় ?

উত্তর : (a) ২৭২ (iv) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) ৩০০ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক বিক্রিয়া দেখ।

(c) ২৯৪ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ 'অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ' দেখ।

অথবা, (a) কস্টিক সোডা হইতে সোডিয়াম কিরূপে উৎপন্ন হয় ? সোডিয়াম ধাতুর দুইটি ব্যবহারের উল্লেখ কর। 6+2

(b) অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণোদকে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে কি ঘটে, সমীকরণসহ বিবৃত কর। 2

উত্তর : (a) ২৭৯ (ক) নং প্রশ্নোত্তর এবং ২৭৯ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) ৩২১ (iii) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

6. নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিভাবে প্রস্তুত হয় ? $2\frac{1}{2}\times 4$

(a) ব্লীচিং পাউডার, (b) সুপার ফসফেট অব লাইম, (c) প্লাস্টার অব প্যারিস, (d) হিরাকস (green vitriol)।

উত্তর : (a) ৩২৪ (ক) ও (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) ২৪০ (ক) ও (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(c) ৩২৫ (ক) ও (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(d) ৩৩২ (ঘ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

গ্রুপ—C

যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।

7. (a) নিম্নলিখিত যৌগগুলির নাম (জেনিভা) লিখ :— 4

(i) $CH_3-\overset{\overset{Cl}{|}}{\underset{\underset{Cl}{|}}{C}}-CH_2\,CH_3$, (ii) $CH_3\,CH=CH\,CH_3$,

(iii) $CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_2\,CH_3$, (iv) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CO_2H$.

(b) কি পদ্ধতিতে প্রস্তুত করিবে— 2×3

(i) অ্যাসিটিলিন হইতে অ্যাসিট্যালডিহাইড, (ii) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে ইথেন, (iii) ইথিলিন হইতে ইথানল ?

উত্তর : (a) (i) 3-3 ডাই-ক্লোরোবিউটেন ; (ii) বিউটিন-2 ; (iii) বিউটেন-2-অন ; (iv) 2-মিথাইল প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড।

(b) (i) ২৭৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

(ii) ৩৮৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (i) ও (ii) অংশ দেখ।

(iii) ৩৬৯ ক) নং প্রশ্নোত্তরের (৩) অংশ দেখ।

8 (a) কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস দেখাও। মিথেন অণুর H – C – H কোণ, ইথিলিন অণুর H – C = C কোণ এবং অ্যাসিটিলিন অণুর H – C ≡ C কোণের মান কত ? 1 + 3

(b) কি পদ্ধতিতে প্রস্তুত করিবে— 2 × 3

(i) অ্যাসিটোন হইতে প্রপেন, (ii) অ্যাসিটিলিন হইতে ইথিলিন ; (iii) অ্যাসিট্যালডিহাইড হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ?

উত্তর : (a) ৩৪৩ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

দ্বিতীয় অংশ—109°28′, 120°, 180°.

(b) (i) ৩৭৯ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (i)-এর শেষাংশ দেখ।

(ii) ৩৫৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (iii)-এর (১) দেখ।

(iii) ৩৭৭ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (i) অংশ বা ৩৮৫ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (i -এর শেষাংশ দেখ।

9. (a) নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে প্রধান উৎপাদিত দ্রব্যের (A, B, C, D এবং E) নাম ও সঙ্কেত নির্দেশ কর :- 5

(i) $CH_3CH_2OH \xrightarrow[180^\circ]{H_2SO_4\ (\text{গাঢ়})} [A] \xrightarrow{Br_2} [B]$

(ii) $CH_3OH \xrightarrow{Na} [C] \xrightarrow{CH_3I} [D]$

(iii) $(CH_3)_2C{=}O \xrightarrow[CH_3COONa]{NH_2OH,\ HCl} [E]$

(b) টীকা লিখ :— $2\frac{1}{2} \times 2$

(i) অ্যালডল কনডেনসেশন, (ii) ফ্রিডেল-ক্রাফটস্ বিক্রিয়া।

উত্তর : (a) (i) A = ইথিলিন, C_2H_4 ; B = ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড, $C_2H_4Br_2$.

(ii) C = সোডিয়াম মিথোক্সাইড, CH_3ONa ; D = ডাই-মিথাইল ইথার, CH_3-O-CH_3.

(iii) E = অ্যাসিটোক্সিম, $(CH_3)_2C{=}NOH$.

(b) (i) ৩৭৭ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (vi) অংশ দেখ।

(ii) ৪০০ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

10 (a) রেকটিফায়েড স্পিরিট হইতে নির্জল ইথাইল অ্যালকোহল কি উপায়ে প্রস্তুত করা যায়? 4

(b) নিম্নলিখিত যৌগ জোড়গুলির পার্থক্য নির্ণয় করিবার জন্য প্রতিক্ষেত্রে একটি করিয়া রাসায়নিক পরীক্ষা উপস্থাপিত কর :— 2×3

(i) মিথানল এবং ইথানল; (ii) ফরম্যালডিহাইড এবং অ্যাসিট্যালডিহাইড; (iii) ডাই-মিথাইল ইথার এবং ইথাইল অ্যালকোহল।

উত্তর : (a) ৩৬৮ (গ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) (i) ৩৬৯ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) ৩৭৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ

(iii) আয়োডিন ও লঘু NaOH দ্রবণের সহিত ইথাইল অ্যালকোহল গরম করিলে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়; ডাই-মিথাইল ইথার এক্ষেত্রে কোন বিক্রিয়া করে না।

11. (a) টীকা লিখ :— 2×2

(i) সম-সঙ্কেত ধর্মিতা (**Isomerism**); (ii) পলিমেরাইজেশন (**Polymerisation**).

(b) পরীক্ষাগারে কি উপায়ে নাইট্রোবেঞ্জিন প্রস্তুত করা যায়? 3

(c) টীকা লিখ : স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়া। 3

উত্তর : (a) (i) ৩৪৪ (viii) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) ৩৭৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) ৪০১ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(c) বিবিধ প্রশ্নমালার ৩৩ (i) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

প্রশ্নপত্র—১৯৭৯

রসায়ন—প্রথম পত্র

গ্রুপ—A

1নং প্রশ্ন অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।

1. ক্লোরিন ও অক্সিজেন দুইটি ভিন্ন যৌগ গঠন করে। ওজন হিসাবে ইহাদের প্রথমটিতে ক্লোরিনের শতকরা ভাগ 81·6 এবং দ্বিতীয়টিতে ক্লোরিনের শতকরা ভাগ 59·7। এই পরীক্ষার ফল যে রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রটির সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন তাহা বিবৃত কর। তোমার উক্তির সপক্ষে যুক্তি দেখাও। 5

উত্তর : প্রথম যৌগে 81·6 ভাগ ক্লোরিনের সঙ্গে $(100-81·6)=18·4$ ভাগ অক্সিজেন যুক্ত আছে। অতএব 1 ভাগ ক্লোরিন $\frac{18·4}{81·6}=0·225$ ভাগ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত আছে। দ্বিতীয় যৌগে 1 ভাগ ক্লোরিন $\frac{100-59·7}{59·7}=\frac{40·3}{59·7}=0·675$ ভাগ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত আছে। অর্থাৎ দুইটি যৌগে যুক্ত অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত $0·225 : 0·675=1:3$; ইহা সরল অনুপাত। অতএব ইহা গুণানুপাত সূত্রটির সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন।

সংজ্ঞা—১২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

অথবা (a) সালফার ডাই-অক্সাইড অণুতে একটি সালফার পরমাণু ও দুইটি অক্সিজেন পরমাণু বিদ্যমান। এই যৌগে ওজন হিসাবে শতকরা 50 ভাগ সালফার থাকিলে সালফার ও অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্বের অনুপাত কি? 3

(b) কার্বন ডাই-অক্সাইডের 'বাষ্প ঘনত্ব' 22—এই উক্তির অর্থ কি? 2

উত্তর : (a) SO_2 অণুতে 50 ভাগ সালফার ও 50 ভাগ অক্সিজেন আছে। এখন সালফার ও অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে x ও y হইলে, উহাদের পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত$=\frac{50}{x}:\frac{50}{y}=1:2$, অর্থাৎ $x:y=2:1$.

(b) ২২ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের শেষাংশ দেখ।

2. (a) একটি যৌগে 37·8% কার্বন, 6·3% হাইড্রোজেন ও 55·9% ক্লোরিন আছে। এই যৌগের 0·638 g কে বাষ্পীভূত করিলে প্রমাণ চাপে ও 100°C তাপমাত্রায় ইহার আয়তন হয় 154 ml. যৌগটির আণবিক সংকেত কি? ইহার সঠিক আণবিক গুরুত্ব কত? (Cl = 35·5). 7

(b) 'এক গ্রাম হাইড্রোজেন ও এক গ্রাম কার্বন মনোক্সাইডের মধ্যে অণু-সংখ্যা প্রায় সমান ইহা প্রমাণ কর। (N=14) 3

উত্তর : (a) যৌগে C, H ও Cl এর পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত $= \frac{37.8}{12} : \frac{6.3}{1} : \frac{55.9}{35.5} = 3.15 : 6.3 : 1.575 = 2 : 4 : 1$; অর্থাৎ যৌগটির স্থূল সংকেত $= C_2H_4Cl$.

আবার N.T.P.-তে উৎপন্ন বাষ্পের আয়তন, $V = \frac{273 \times 154}{(273+100)} = 112.71$ মি.লি.।

অতএব যৌগের আণবিক গুরুত্ব $= \frac{0.638 \times 22400}{112.71} = 126.79$ (আনুমানিক)।

এখন $(C_2H_4Cl)_x = 126.78$. অর্থাৎ $(12 \times 2 + 1 \times 4 + 35.5)\,x = 126.78$;

$\therefore\ x = \frac{126.78}{63.5} = 1.996 = 2$. অতএব যৌগের আণবিক সংকেত $= (C_2H_4Cl)_2 = C_4H_8Cl_2$ এবং ইহার সঠিক আণবিক গুরুত্ব $= 127$।

(b) N_2 এবং CO-এর আণবিক ওজন যথাক্রমে 14×2 এবং $12 + 16$ অর্থাৎ উভয়েরই গ্রাম-অণু প্রায় 28 গ্রাম। এখন N অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা হইলে উভয়েরই এক গ্রামে অণু-সংখ্যা $= \frac{N}{28}$; অর্থাৎ প্রায় সমান।

3. (a) মোলার দ্রবণ কাহাকে বলে ? 2

(b) বাণিজ্যিক সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি বোতল 86% সালফিউরিক অ্যাসিড বলিয়া চিহ্নিত আছে। ইহার ঘনত্ব 1.787g/c c. হইলে অ্যাসিডের এই দ্রবণের মোলারিটি কত ? 3

(c) সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে 2g. একটি নমুনা 50ml N NaOH দ্রবণে যোগ করা হইল এবং উদ্ভূত বাষ্পে ধৃত সিক্ত লাল লিটমাস কাগজ-এর বর্ণ পরিবর্তন না হওয়া পর্যন্ত ইহাকে ফোটান হইল। এই দ্রবণটি ঠাণ্ডা করিয়া প্রশমিত করিতে 20ml N H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ঐ নমুনার মধ্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের শতকরা ভাগ কত ছিল ? 5

উত্তর : (a) ৬৬ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) 1 লিটার বাণিজ্যিক H_2SO_4-এর ওজন $= 1.787 \times 1000 = 1787$ গ্রাম।

আবার ইহাতে H_2SO_4-এর পরিমাণ $= \frac{1787 \times 86}{100} = 1536.82$ গ্রাম। H_2SO_4-এর আণবিক ওজন 98 বলিয়া উক্ত দ্রবণের মোলারিটি $= \frac{1536.82}{98} = 15.68$.

(c) 20 সি.সি. (N)$H_2SO_4 \equiv 20$ সি.সি. (N)NaOH. অতএব $(50-20) =$ 30 সি.সি. (N) NaOH অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া করে। অর্থাৎ 30 সি.সি. (N) NaOH $\equiv$ 30 সি.সি. (N)NH_4Cl দ্রবণ $= \frac{53.5 \times 30}{1000} = 1.605$ গ্রাম NH_4Cl অতএব নমুনায় NH_4Cl-এর শতকরা ভাগ $= \frac{1.605}{2} \times 100 = 80.25\%$

4. (a) একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও চাপে $H_2(g)+I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়া-জাত পদার্থগুলি সাম্যাবস্থায় আছে। বিক্রিয়াটি তাপ উদগারী। এখন তাপমাত্রা ও চাপ পরিবর্তন করিলে বিক্রিয়া-জাত পদার্থটির পরিমাণ কী ভাবে পরিবর্তিত হইবে তাহা ব্যাখ্যা কর। যে সূত্রটির সাহায্যে ইহা ব্যাখ্যা করা যায় সেটি বিবৃত কর। 6

(b) K_2MnO_4 যৌগে Mn-এর এবং $KClO_3$ যৌগে Cl-এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর। 4

উত্তর : (a) বিক্রিয়াটি তাপ-উদগারী বলিয়া কম তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটাইলে, বিক্রিয়া-জাত পদার্থের পরিমাণ বাড়িবে কিন্তু অধিক তাপমাত্রায় উহার পরিমাণ হ্রাস পাইবে। আবার বিক্রিয়া-জাত পদার্থগুলির অণু-সংখ্যা তথা আয়তন সমান থাকে বলিয়া চাপ পরিবর্তনে বিক্রিয়া-জাত পদার্থটির পরিমাণের কোন হের-ফের হইবে না। ব্যাখ্যা ও লা-শাটেলিয়ারের সূত্রের জন্য ১০২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) K_2MnO_4 যৌগে Mn-এর জারণ-সংখ্যা x হইলে, $K_2{}^{+1}Mn^xO_4{}^{-2}$, অর্থাৎ $+1\times2+x-2\times4=0$; অতএব $x=8-2=+6$.

$KClO_3$ যৌগে Cl-এর জারণ-সংখ্যা y হইলে, $K^{+1}Cl^yO_3{}^{-2}$, অর্থাৎ $+1+y-2\times3=0$, অতএব $y=6-1=+5$.

5. গ্যাসীয় সূত্রগুলির সাহায্যে প্রমাণ কর : $PV=nRT$. (বিভিন্ন চিহ্নগুলি প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত হইয়াছে)। 5

এই সমীকরণের সাহায্যে 'R' এর মান নির্ণয় কর এবং যে এককে এই মান প্রকাশ করিলে তাহা লিখ। এই একক ভিন্ন আরও যে যে এককে 'R' এর মান প্রকাশ করা যাইতে পারে তাহার মধ্যে দুইটির নাম লিখ। 3+2

উত্তর : বিবিধ প্রশ্নমালার ১২ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

দ্বিতীয় অংশ—৯৪ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের শেষাংশ দেখ।

6. (a) সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের বিক্রিয়াটি বিবৃত কর এবং রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে সোডিয়াম কার্বনেটের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। (Na – 23) 4

(b) নিম্নলিখিত বিবৃতিগুলির ব্যাখ্যা কর :— 2×3

(i) নাইট্রিক অক্সাইড একটি প্রশম অক্সাইড। (ii) সোডিয়াম কার্বনেট শমিত লবণ হইলেও ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী। (ii) সোডিয়াম বাই-সালফেট একটি অম্ল-লবণ।

উত্তর : (a) সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণে লঘু HCl যোগ করিলে দুই ধাপে বিক্রিয়া সম্পন্ন হয় এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রে NaCl উৎপন্ন করে : $Na_2CO_3+HCl=NaHCO_3+NaCl$; $NaHCO_3+HCl=NaCl+H_2O+CO_2$; অতএব দেখা যায়, এক অণু Na_2CO_3 প্রশমিত করিতে দুই অণু HCl প্রয়োজন হয়। অর্থাৎ

Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্ক উহার আণবিকগুরুত্বের অর্ধেক $= \frac{1}{2} \times (23 \times 2 + 12 + 16 \times 3)$
$= \frac{106}{2} = 53.$

(b) (i) ৬৩ (iv) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। (ii) ৬৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। (iii) ৫৯ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

গ্রুপ – B

7 নং প্রশ্ন অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

7. প্রমাণ কর যে—(a) ওজোন অক্সিজেনের একটি রূপভেদ; (b) সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফার আছে। 2+3

উত্তর : (a) ১৮৩ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। (b) ২৫৪ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

অথবা, (a) চুনের জল বাতাসে রাখিয়া দিলে উহার উপর সর পড়ে কেন? 2

(b) পৃথিবীতে জীবজন্তুর শ্বাস প্রশ্বাস ও বিভিন্ন দহন ক্রিয়ার ফলে বাতাসে অক্সিজেনের পরিমাণ ক্রমাগত কমিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ অনেক বাড়িয়া যাওয়া উচিত। কিন্তু তাহা হয় না কেন? 3

উত্তর : (a) ১৮৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) নিম্নলিখিত তিনটি প্রক্রিয়ায় বায়ুমণ্ডলের CO_2 প্রতিনিয়ত অপসারণের ফলে বায়ুতে উহার পরিমাণ প্রায় নির্দিষ্ট থাকিয়া যায়। যথা—(১) সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় সূর্যালোকে উদ্ভিদ ক্লোরোফিলের সাহায্যে বায়ুস্থিত CO_2 বিশ্লিষ্ট করিয়া কার্বনকে শর্করা জাতীয় খাদ্যে রূপান্তরিত করিয়া আত্মসাৎ করে এবং সম-আয়তন অক্সিজেন বায়ুতে ছাড়িয়া দেয়। (২) বায়ুমণ্ডল হইতে CO_2 গ্যাস বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হইয়া সমুদ্রে পড়ে এবং পরে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হয়। (২) বিভিন্ন প্রকারের ক্ষারীয় শিলা আবহ-বিকারে বায়ুস্থিত CO_2 শোষণ করিয়া নানা ধরণের কার্বনেট শিলা গঠন করে।

8. (a) পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করা হয় তাহা সমীকরণসহ বিবৃত কর। 5

(b) কি ঘটে সমীকরণ সহ লিখ:—(i) H_2SO_4 দ্বারা অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণে H_2O_2 যোগ করা হইল; (ii) H_2O_2 দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করা হইল। 2+2

(c) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দুইটি ব্যবহারের উল্লেখ কর। 1

উত্তর : (a) ১৭৬ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ।

(b) (i) এবং (ii)—১৭৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের যথাক্রমে (v) ও (iii) অংশ দেখ।

(c) ১৭৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ দেখ।

9. (a) নাইট্রোজেন, সালফার ও ফসফরাসের একটি করিয়া হাইড্রোইডের নাম লিখ এবং ল্যাবরেটরিতে ইহাদের প্রস্তুত করিবার জন্য প্রয়োজনীয় বিকারকগুলির উল্লেখ কর। 6

(b) তোমার উল্লেখিত নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের হাইড্রাইডের যে কোন দুইটি রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক বিবরন লিখ। 4

উত্তর : (a) অ্যামোনিয়া, NH_3—অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, NH_4Cl ও শুষ্ক কলিচুন, $Ca(OH)_2$; হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন, H_2S—ফেরাস সালফাইড, FeS ও লঘু H_2SO_4 ; ফসফিন বা ফসফিউরেটেড হাইড্রোজেন, PH_3—সাদা ফসফরাস ও গাঢ় NaOH বা KOH ক্ষার দ্রবণ।

(b) ২৩৪ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

10. (a) ফসফরাস কেন প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না তাহা লিখ। ইহার দুইটি রূপভেদের নাম কর। ইহাদের প্রত্যেকটিকে কিভাবে অন্যটিতে রূপান্তরিত করিবে? ইহা কিভাবে সংরক্ষিত হয়? 8

(b) ফসফরাস হইতে ফসফরিক অ্যাসিড কিরূপে প্রস্তুত করিবে? 2

উত্তর : (a) ফসফরাস খুবই সক্রিয় মৌল। স্বাভাবিক উষ্ণতায় বায়ুর সংস্পর্শে ইহা জারিত হয়।

রূপভেদ—২৩১ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। রূপান্তরকরণ—২৩২ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। সংরক্ষণ—২৩০ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) ২৩৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

11. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কী ঘটে তাহা সমীকরণসহ বিবৃত কর (যে কোন চারিটি) :— $2\frac{1}{2}\times 4$

(a) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল। (b) ক্লোরিন দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড চালনা করা হইল। (c) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বিচূর্ণ কাঠ-কয়লা সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল। (d) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ বিচূর্ণ জিঙ্ক ও কস্টিক সোডা সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল। (e) উত্তপ্ত ক্যালসিয়ামের উপর দিয়া নাইট্রোজেন চালনা করা হইল।

উত্তর : (a) ২৫৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(b) ক্লোরিন HCl-এ বিজারিত হয় এবং H_2S জারিত হইয়া হলুদ বা সাদা সালফারের অধঃক্ষেপ ফেলে ; ফলে দ্রবণ ঘোলাটে হয় : $Cl_2+H_2S=2HCl+S$.

(c) ২৫২ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (v) অংশ দেখ।

(d) ৩৪১ (vii) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(e) ১৯১ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্ম দেখ।

12. (a) হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া কিভাবে প্রস্তুত হয় ? 5

(b) অ্যামোনিয়া হইতে কী ভাবে (i) ইউরিয়া ও (ii) নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় ? $2\frac{1}{2} \times 2$

উত্তর : (a) ১৯৯ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) (i) ২০১ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

(ii) ২১৩ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

দ্বিতীয় পত্র

গ্রুপ—A

যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।

1. তেজস্ক্রিয় পদার্থ হইতে উদ্ভূত তিনটি তেজস্ক্রিয় রশ্মির নাম উল্লেখ কর এবং তাদের ধর্ম বর্ণনা কর। এই তেজস্ক্রিয় রশ্মির উদগীরণের ফলে মৌলের কোন পরিবর্তন হয় কি ? রেডিয়াম এবং রেডিয়াম ক্লোরাইডের তেজস্ক্রিয়তার মধ্যে পার্থক্য আছে কি ? 6+2+2

উত্তর : ১০৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। **দ্বিতীয় অংশ**—α ও β রশ্মি উদগীরণের ফলে মৌলের ভরের ও তড়িৎমাত্রার তারতম্য ঘটে, ফলে উহা অপর মৌলে রূপান্তরিত হয় কিন্তু γ রশ্মি উদগীরণের ফলে মৌলের কোন পরিবর্তন হয় না।

তৃতীয় অংশ—তেজস্ক্রিয়তা তেজস্ক্রিয় মৌলের পারমাণবিক ধর্ম। সেই কারণে উহাদের মধ্যে কোন পার্থক্য নাই।

2. ব্যাখ্যাসহ নিম্নলিখিত বক্তব্য বিষয়গুলির কোন্‌টি ভুল আর কোন্‌টি নির্ভুল তাহা লিখ (যে কোন চারিটির উত্তর কর)। $4 \times 2\frac{1}{2}$

(a) সোডিয়াম হইতে নিয়নে যাইতে একই পর্যায়ের পরমাণুর আয়তন ক্রমশঃ কমে। (b) লিথিয়াম হইতে পটাসিয়ামে যাইতে একই শ্রেণীর পরমাণুর আয়তন ক্রমশঃ কমে। (c) দুটি মৌলের ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2.2s^22p^1$ এবং $1s^2.2s^22p^6.3s^23p^1$. এই মৌল দুইটি পর্যায় সারণীর বিভিন্ন শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত হইবে। (d) সমযোজী যৌগমাত্রই অধ্রুবীয়। (e) একটি পরমাণুতে 6-টি প্রোটন এবং 6-টি নিউট্রন কেন্দ্রকে আছে, আর একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে 6-টি প্রোটন এবং 8-টি নিউট্রন আছে। এই দুইটি পরমাণু সম্পূর্ণ ভিন্ন মৌলের এবং ইহারা পর্যায় সারণীর দুইটি ভিন্ন শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত হইবে।

উত্তর : (a) নির্ভুল ; কারণ মৌলের পারমাণবিক আয়তন পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে বাড়ে। এক্ষেত্রে সোডিয়াম ও নিয়নের পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 23 এবং 20.

(b) ভুল ; কারণ একই শ্রেণীভুক্ত মৌল লিথিয়াম হইতে পটাসিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায় বলিয়া উহাদের পারমাণবিক আয়তন সেই হারে বাড়িতে থাকে।

(c) ভুল ; কারণ মৌল দুইটির ইলেকট্রন-বিন্যাস হইতে দেখা যায় উহাদের বহিঃস্থ কক্ষে ইলেকট্রন-সংখ্যা সমান যথা 3. সেই হেতু মৌল দুইটি পর্যায়-সারণীর তৃতীয় শ্রেণীভুক্ত।

(d) ভুল ; ব্যাখ্যার জন্য ১২৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(e) ভুল ; কারণ উভয় পরমাণু কেন্দ্রকে 6-টি প্রোটন আছে বলিয়া পরমাণু-ক্রমাঙ্ক সমান অর্থাৎ দুইটি পরমাণু একই মৌলের। আবার কেন্দ্রকে নিউট্রন সংখ্যার বিভিন্নতার জন্য উহাদের ভর পৃথক হয় অর্থাৎ মৌল দুইটি সমস্থানিক ; ফলে উহারা পর্যায়-সারণীর একই শ্রেণীভুক্ত।

3. (a) ফ্যারাডের সূত্রগুলির উল্লেখ কর ও ব্যাখ্যা কর। 5

(b) এক 'ফ্যারাডে' বলিতে কী বুঝ? ইহার মান কত? একটি ধাতব তারের মধ্য দিয়া 0·4825 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ প্রবাহ পরিচালিত হইতেছে। ঐ তারের যে কোনও বিন্দু দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে কতগুলি ইলেকট্রন প্রবাহিত হইতেছে? 1+1+3

উত্তর : (a) ৭৪ নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।

(b) ৭১ (ঙ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। 4

গণনা—আমরা জানি, $e=\frac{F}{N}=\frac{96540}{6·023\times10^{23}}=1·602\times10^{-19}$ কুলম্ব।

যেহেতু ধাতব তারের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ $=C\times t=0·4825\times1=0·4825$ কুলম্ব, অতএব প্রতি সেকেণ্ডে প্রবাহিত ইলেকট্রন-সংখ্যা x হইলে

$x\times1·602\times10^{-19}=0·4825$; অর্থাৎ $x=\frac{0·4825}{1·602\times10^{-19}}=3·01\times10^{18}$.

অথবা, (a) যে কোন দুইটির উপর সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :— $2\times3\frac{1}{2}$

(i) আয়নীয় এবং সমযোজী যৌগের তুলনামূলক ধর্ম ; (ii) কেলাস জল এবং ইহার নিরূপণ পদ্ধতি ; (iii) দ্রাব্যতা-গুণফল ও ইহার প্রয়োগ।

(b) অসমযোজ্যতা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। $2\frac{1}{2}$

উত্তর : (a) (i) ১২৩ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) ৮৮ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ এবং (গ) অংশ দেখ।

(iii) ৯০ (ক) এবং (গ) নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ দেখ।

(b) ১২৫ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের দ্বিতীয় অংশ দেখ।

গ্রুপ—B

যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।

4. খনিজ এবং আকরিকের মধ্যে পার্থক্য কি? কপার পিরাইটীস হইতে ধাতু নিষ্কাশনের বিভিন্ন স্তরের বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর। 2+8

উত্তর : ২৭২ (i) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। **নিষ্কাশন**—২৮৮ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

5. কী ঘটে, সমীকরণসহ বর্ণনা কর (যে কোন চারিটি) :— $4 \times 2\frac{1}{2}$

(a) কপার সালফেট দ্রবণে একটি জিঙ্ক ধাতুর দণ্ড ডোবানো হইল। (b) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে ক্রমে ক্রমে NaOH দ্রবণ অতিরিক্ত মাত্রায় ঢালা হইল। (c) জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের তার CO_2-চূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করানো হইল। (d) জিঙ্ক নাইট্রেটের কেলাস উত্তপ্ত করা হইল। (e) গলিত কস্টিক সোডার মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করা হইল।

উত্তর : ৩৪০ (চ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(b) প্রথমে $Al(OH)_3$-এর সাদা অঁঠাল অধঃক্ষেপ পড়ে ; পরে ইহা অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবীভূত হইয়া বর্ণহীন সোডিয়াম অ্যালুমিনেট, $NaAlO_2$-এর দ্রবণ গঠন করে। $Al_2(SO_4)_3 + 6NaOH = 2Al(OH)_3 + 3Na_2SO_4$; $Al(OH)_3 + NaOH = NaAlO_2 + 2H_2O$.

(c) ২২০ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের রাসায়নিক ধর্মের (i) অংশ দেখ।

(d) জিঙ্ক নাইট্রেট কেলাস $Zn(NO_3)_2 . 4H_2O$ উত্তপ্ত করিলে সাদা ZnO-এর অবশেষ পড়িয়া থাকে এবং NO_2, অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প নির্গত হয়।

$$2Zn(NO_3)_2.4H_2O \rightarrow 2ZnO + 4NO_2 + O_2 + 8H_2O$$

(d) ৭২ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

6. নীচের পদার্থগুলি কী ভাবে প্রস্তুত হয় ? (যে কোন চারিটি) :— $4 \times 2\frac{1}{2}$

(a) সোডিয়াম কার্বনেট ; (b) কুইক লাইম এবং কলিচুন ; (c) তুতে ; (d) ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড হইতে ম্যাগনেসিয়াম ; (e) $MgCl_2, 6H_2O$ হইতে অনার্দ্র $MgCl_2$.

উত্তর : (a) ৩১৬ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। (b) ৩২৩ (ক) নং এবং ৩৩৬ (v) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। (c) ৩২৭ (ক) নং প্রশ্নোত্তরের (iii) অংশ দেখ। (d) ২৮১ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। (e) ৩২৬ (ক) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

গ্রুপ—C

যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।

7. (a) $C_4H_{10}O$ আণবিক সংকেত বিশিষ্ট সকল যৌগগুলির আণবিক গঠন ও নাম লিখ। 6

(b) নিম্নলিখিত যৌগগুলির নাম (জেনিভা) লিখ :— 4

(i) $CH_3-C(CH_3)-CH_2-CH_3$, (ii) $CH_3-CH_2-CH=CH_2$,

(iii) $CH_3-C(H)(Cl)-CH_2-CH_2Cl$, (iv) $CH_3-C(CH_3)(CH_3)-CO_2H$

উত্তর : (a) অ্যালকোহল শ্রেণী—$CH_3.CH_2.CH_4.CH_2OH$, n-বিউটাইল অ্যালকোহল ; $CH_3\,CH_2.\,CH(OH).\,CH_3$, সেকেণ্ডারী বিউটাইল অ্যালকোহল ; $(CH_3)_2.CH.CH_2OH$. আইসো বিউটাইল অ্যালকোহল ; $(CH_3)_3.C(OH)$. টারশিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল।

ইথার শ্রেণী—$C_2H_5-O-C_2H_5$, ডাই-ইথাইল ইথার ; $CH_3-O-C_3H_7$ মিথাইল প্রোপাইল ইথার।

(b) (i) 2 – মিথাইল বিউটেন ; (ii) বিউটিন – 1 ; (iii) 1, 3 ডাই-ক্লোরো বিউটেন ; (iv) 2, 2 ডাই-মিথাইল প্রোপানোয়িক অ্যাসিড।

8. নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কী ভাবে প্রস্তুত করিবে ? (যে কোন চারিটি) :— $4\times2\frac{1}{2}$

(a) অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসিটোন ; (b) ইথানল হইতে ডাই-ইথাইল ইথার ; (c) অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে মিথেন ; (d) ইথানল হইতে ইথিলিন ; (e) অ্যাসিটিলিন হইতে অ্যাসিট্যালডিহাইড।

উত্তর : (a) ৩৮৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (iii) অংশ দেখ। (b) ৩৭২ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। (c) ৩৮৬ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (i) অংশ দেখ। (d) ৩৫৪ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ। (e) ৩৭৭ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের (ii) অংশ দেখ।

9. যে কোন চারিটির উত্তর লিখ :— $4\times2\frac{1}{2}$

(a) কোন জৈব যৌগে অসংপৃক্ততা আছে তাহা কী ভাবে বুঝিবে ? (b) অ্যাসিড হইতেএস্টার প্রস্তুতির পদ্ধতিতে কেন গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করা হয় ? (c) অ্যালডিহাইড এবং কিটোনের পার্থক্য কী ভাবে ধরা যাইবে ? (d) পরীক্ষাগারে কী ভাবে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা হয় ? (e) গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিডে PCl_3 যোগ করিলে কি ঘটে ?

উত্তর : (a) ৩৪৪ (ii) নং প্রশ্নোত্তরের শেষ অংশ দেখ। (b) গাঢ় H_2SO_4 নিরুদক হিসাবে অথবা অনুঘটকরূপে কাজ করে। (c) ৩৮০ (খ) নং প্রশ্নোত্তরের শেষাংশ (বৈসাদৃশ্য) দেখ। (d) ৩৫৬ (ক)নং প্রশ্নোত্তর দেখ। (e) অ্যাসিটিল ক্লোরাইড নামক উদ্বায়ী তরল উৎপন্ন হয় ; এক্ষেত্রে অ্যাসিডের $-OH$ মূলক ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় : $3CH_3.COOH+PCl_3=3CH_3.COCl+H_3PO_3$.

10. (a) নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে প্রধান উৎপাদিত দ্রব্যের (A, B ও C) নাম ও সংকেত নির্দেশ কর :— $3\times1\frac{1}{2}$

(i) $CH_2=CH_2 \xrightarrow{O_3} [A]$; (ii) $\begin{matrix}CH_3\\ H\end{matrix}\!\!>C=O \xrightarrow{NaHSO_3} [B]$;

(iii) $\begin{matrix}CH_3\\ CH_3\end{matrix}\!\!>C=O \xrightarrow{H_2N-NH-C_6H_5.\,HCl} [C]$.

(b) টীকা লিখ :—(i) সমগণীয় গোষ্ঠী ; (ii) ডায়াজো বিক্রিয়া। $2\frac{1}{2}+3$

উত্তর : (a) (i) A = ইথিলিন ওজোনাইড, $C_2H_4O_3$; (ii) অ্যাসিট্যালডিহাইড সোডিয়াম বাই-সালফাইট, $CH_3.CH(OH).SO_3Na$; (iii) অ্যাসিটোন ফিনাইল হাইড্রাজোন, $(CH_3)_2.C=N.NH.C_6H_5$.

(b) (i) ৩৪৪ (vii) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

(ii) ৪০৩ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।

11. (a) নিম্নলিখিত উক্তিগুলির কোন্‌টি ভুল এবং কোনটি নির্ভুল ব্যাখ্যাসহ লিখ :— $3\times1\frac{1}{2}$

(i) বেঞ্জিন অণুতে দুইটি পাশাপাশি কার্বন-কার্বন বন্ধনীর মধ্যবর্তী কোণ 120°. (ii) বেঞ্জিন অণুতে সকল কার্বন পরমাণুগুলি একই সমতলে অবস্থিত, কিন্তু হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি এই সমতলের বাহিরে অবস্থিত। (iii) বেঞ্জিন অণুতে দ্বি-বন্ধ বর্তমান বলিয়া বেঞ্জিন অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বনের বিশিষ্ট ধর্মগুলি প্রদর্শন করে।

(b) বেঞ্জিন হইতে সুরু করিয়া কী ভাবে (i) অ্যানিলিন ও (ii) টলুইন প্রস্তুত করিবে। $3\frac{1}{2}+2$

উত্তর : (a) (i) নির্ভুল। কারণ বেঞ্জিন অন্তঃস্থিত 6-টি কার্বন পরমাণু পাশাপাশি সংবৃত্তাকারে আবদ্ধ থাকিয়া সুষম ষড়ভুজ গঠন করে বলিয়া যে কোন দুইটি পাশাপাশি C – C বন্ধনীর মধ্যবর্তী কোন 120° হয়।

(ii) ভুল। বেঞ্জিন অণুর প্রত্যেকটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে একটি করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণু সমানভাবে একই তলে যুক্ত থাকে অর্থাৎ উহারা প্রতিসম। এই কারণে যে কোন একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রতিস্থাপনে একটিমাত্র প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন হয়।

(iii) ভুল। ইহা বেগুণী বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণকে বা হলুদ বর্ণের ব্রোমিন জলকে বর্ণহীন করে না।

(b) (i) প্রথমে 30° – 50°C উষ্ণতায় বেঞ্জিনের সহিত গাঢ় HNO_3 ও গাঢ় H_2SO_4 মিশাইয়া নাইট্রোবেঞ্জিন প্রস্তুত করা হয়। পরে নাইট্রোবেঞ্জিনকে টিন ও গাঢ় HCl দ্বারা বিজারিত করিলে অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়। (সমীকরণ ও বিবরণের জন্য ৪০১ (ক) এবং ৪০২ (খ) নং প্রশ্নোত্তর দেখ।)

(ii) ৪০০ (গ) নং প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশ দেখ।